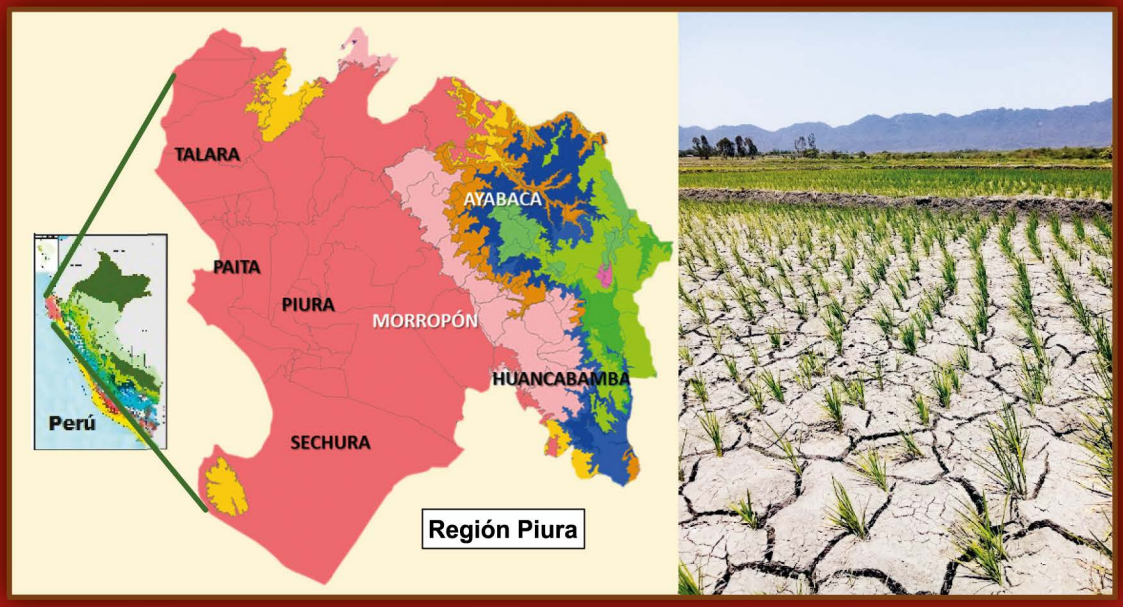
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

COLECCIÓN BICENTENARIO DEL PERÚ

DIAGNÓSTICO SOBRE EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA: CASO REGIÓN PIURA



Ing. José Remigio Argüello, M.Sc. / Marco Edgardo Nevado Burgos, Ph.D. / Ing. Gregorio Alejandro Marquezado Coronado / Ing. Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe / Ing. Ulises Vladimiro Vegas Rodríguez / Dr. Carlos Alberto Granda Wong / Ing. César Elías Talledo Mendoza / Ing. Juan Carlos Rojas Llanque / Econ. Humberto Teódulo Correa Cánova / Econ. Marvin Suárez Guerrero

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

DIAGNÓSTICO SOBRE EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA: CASO REGIÓN PIURA

PERÚ 2023

COLECCIÓN BICENTENARIO DEL PERÚ

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

DIAGNÓSTICO SOBRE EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA: CASO REGIÓN PIURA

© **Ing. José Remigio Argüello, M.Sc., Marco Edgardo Nevado Burgos, Ph.D., Ing. Gregorio Alejandro Marquezado Coronado, Ing. Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe, Ing. Ulises Vladimiro Vegas Rodríguez, Dr. Carlos Alberto Granda Wong, Ing. César Elías Talledo Mendoza, Ing. Juan Carlos Rojas Llanque, Econ. Humberto Teódulo Correa Cánova, Econ. Marvin Suárez Guerrero**.

Primera edición digital: diciembre 2023

Editado por:
© Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional
Av. Arequipa 4947, Miraflores
www.cip.org.pe
Telf. 445-6540 / 446-6997

Directiva Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú (2022-2024)
Ing. María del Carmen Ponce Mejía – Decana Nacional
Ing. Segundo Eduardo Reusche Castillo – Vicedecano Nacional
Ing. Marco Antonio Cabrera Huamán – Director Secretario Nacional
Ing. Jaime Antonio Ruiz Bejar – Director Tesorero Nacional
Ing. Jesús García Melgarejo – Director Prosecretario Nacional
Ing. Norman Jesús Beltrán Castañón – Director Protesorero Nacional

Derechos reservados

ISBN N° 978-612-49148-7-4

Hecho en el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-00038

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores y/o autores.

Publicado en el Perú

TEMÁTICA DESARROLLADA:

Efectos del cambio climático en la hidrología de la Región Piura
Ing. Gregorio A. Marquezado Coronado
Ing. Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe

Diagnóstico de los impactos del cambio climático en el recurso suelo, Región Piura
Ing. José Remigio Argüello, M.Sc

Efecto del cambio climático en la biodiversidad de la Región Piura
Marco Edgardo Nevado Burgos Ph.D.
Ing. César Talledo Mendoza

Efecto del cambio climático en el comportamiento de las plagas agrícolas en la Región Piura
Dr. Carlos Alberto Granda Wong

Relación entre las enfermedades en los cultivos y los cambios de clima en la Región Piura
Ing. Ulises V. Vegas Rodríguez
Ing. Juan Carlos Rojas Llanque

Mejoramiento genético de plantas como alternativa para mitigar el efecto negativo del cambio climático en la agricultura de la Región Piura
Marco E. Nevado Burgos, Ph.D.

Impacto del cambio climático en la producción agrícola de Piura, periodo 1975-2019
Econ. Humberto Correa Cánova
Econ. Marvin Suárez Guerrero

In Memoriam



Rendimos homenaje póstumo a Ulises Vladimiro Vegas Rodríguez quien fuera integrante del equipo de trabajo del diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura de Piura. Es un momento de pesar y tristeza, pero también de gratitud y reconocimiento por el impacto que Ulises tuvo en nuestro grupo y en el campo de la investigación agrícola.

Este homenaje es una muestra de nuestro respeto y aprecio por su dedicación y su contribución invaluable a nuestro proyecto. Su pasión por comprender y abordar los desafíos que enfrenta la agricultura debido al cambio climático fue inspiradora para todos nosotros. Siempre estuvo dispuesto a compartir sus conocimientos, aportar ideas innovadoras y colaborar estrechamente con el equipo.

La pérdida de nuestro colega nos ha dejado un vacío. Su ausencia se sentirá en cada reunión, en cada discusión y en cada logro alcanzado. Su compromiso con la investigación y su capacidad para trabajar en equipo han dejado una huella imborrable en todos nosotros.

Recordaremos a nuestro querido colega como una persona comprometida con espíritu de colaboración y su dedicación a la causa de comprender y mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura serán su legado duradero.

Descansa en paz, querido colega. Tus consejos vivirán en cada paso que demos para comprender y abordar los desafíos del cambio climático en la agricultura.

Gracias por todo lo que nos diste y por tu aporte al desarrollo de la agricultura de Piura.

Índice

Cap.	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN	19
	PRÓLOGO	29
	RESUMEN	25
	INTRODUCCIÓN	29
1	EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN PIURA	41
	Introducción	41
1.1	Planteamiento del problema	42
1.1.1	Determinación del problema	42
1.1.2	Formulación del problema	53
1.1.3	Objetivos	54
1.1.3.1	General	54
1.1.3.2	Específicos	54
1.1.4	Importancia y alcance	54
1.1.5	Limitaciones de la investigación	56
1.2	Aspectos técnicos	56
1.2.1	Antecedentes del problema	56
1.2.2	Bases teóricas	57
1.2.2.1	El clima y sus impactos en la actividad agrícola	57
1.2.2.2	El clima y el recurso hídrico	58
1.3	Hipótesis y variables	58
1.3.1	Definicion de la hipótesis a demostrar	58
1.3.2	Fundamento para definir la hipótesis	58
1.3.3	Variables de estudio	58
1.3.4	Definición y descripción detallada de las variables en estudio	59
1.4	Metodología	59
1.4.1	Diseño de la investigación	59
1.4.2	Análisis de datos	59

1.5	Conclusiones	73
1.6	Recomendaciones	75
1.7	Referencias	78
1.8	Anexos	81
1.8.1	Acrónimos	81
1.8.2	Apéndice	82
	Apéndice A	82
	Apéndice B	83
	Apéndice C	84
2	DIAGNÓSTICO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RECURSO SUELO, REGIÓN PIURA	85
2.1	Introducción	85
2.2	Planteamiento del problema	86
2.2.1	Determinación del problema	86
2.2.2	Formulación del problema	89
2.2.2.2	El suelo y la captura de carbono	91
2.2.2.3	Erosión y sedimentación	94
2.2.2.4	Salinización	98
2.2.2.5	Sequía	100
2.2.2.6	Cambio de uso de la tierra y deforestación	103
2.3	Objetivos	105
2.3.1	Objetivo general	105
2.3.2	Objetivos específicos	106
2.4	Importancia y alcance de la investigación	106
2.4.1	Importancia de la investigación	106
2.4.2	Alcance geográfico	107
2.4.3	Alcance legal	111
2.4.4	Alcance temporal y resolución espacial (escala) de los estudios de suelos en la Región Piura	112
2.5	Limitaciones de la investigación	113
2.6	Aspectos técnicos	114
2.6.1	Antecedentes del problema	114
2.6.2	Bases teóricas	116
2.6.3	Indicadores relacionados al impacto del cambio climático	118
2.6.4	Índice de biodiversidad específica de Shannon Wiener	123

2.6.5	Índice del potencial productivo del suelo	123
2.7	Hipótesis y variables	124
2.7.1	Hipótesis	124
2.7.1.1	Hipótesis general	124
2.7.1.2	Hipótesis específicas	124
2.8	Metodología	125
2.8.1	Generalidades	125
2.8.2	Metodología propuesta en la investigación	126
2.8.3	Población y muestra	127
2.9	Aspectos administrativos	129
	Conclusiones	130
	Recomendaciones	131
	Referencias	132
3	EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA BIODIVERSIDAD DE LA REGIÓN PIURA	137
	Introducción	137
3.1	Planteamiento del problema	138
3.1.1	Determinación del problema	138
3.1.2	Formulación del problema	144
3.1.3	Objetivos generales y específicos	150
3.1.4	Importancia y alcance de la investigación	152
3.1.5	Limitaciones de la investigación	155
3.2	Aspectos técnicos	156
3.2.1	Antecedentes del problema	156
3.2.2	Bases teóricas para el proceso de conservación	157
3.3	Hipótesis	159
3.3.1	Definicion de hipótesis	159
3.3.2	Fundamento para definir la hipótesis	160
3.4	Metodología: evaluación de la biodiversidad	161
3.4.1	Metodología para evaluar la biodiversidad	161
	Conclusiones	162
	Recomendaciones	163
	Referencias	165

4	EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PLAGAS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN PIURA	167
4.1	Planteamiento del problema	167
4.1.1	Determinación del problema	167
4. 2	Formulación del problema	168
4.3	Objetivos	175
4.3.1	Objetivos generales	175
4.3.2	Objetivos específicos	176
4.4	Importancia de la investigación entomológica	176
4.5	Limitaciones de la investigación	177
4.6	Aspectos técnicos	178
4.6.1	Antecedentes	178
4.6.2	Bases teóricas	181
4.7	Hipótesis y variables de estudio	181
4.7.1	Definición de hipótesis	181
4.7.2	Fundamento para la definición de hipótesis	182
4.8	Conclusiones	182
4.9	Recomendaciones	183
	Referencias.	185
5	RELACIÓN ENTRE LAS ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS Y LOS CAMBIOS DE CLIMA EN LA REGIÓN PIURA	189
	Introducción	189
5.1	Planteamiento del problema	190
5.2	Formulación del problema	192
5.3	Objetivos	202
5.4	Importancia de la investigación entomológica	203
5.5	Limitaciones de la investigación	204
5.5.1	Antecedentes del problema fitopatológico	204
5.5.2	Bases teóricas	205
5.6	Hipótesis	205
5.7	Metodología para la investigación	206
5.8	Conclusiones	206
5.9	Recomendaciones	207
	Referencias.	209

6	MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR EL EFECTO NEGATIVO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA REGIÓN PIURA	211
	Introducción	211
6.1	Planteamiento del problema	214
6.1.1	Determinación del problema	214
6.2	Formulación del problema	221
6.3	Objetivos del mejoramiento genético	222
6.4	Importancia del mejoramiento genético	223
6.5	Limitaciones para el mejoramiento genético en Piura	225
6.6	Aspectos técnicos	226
6.6.1	Antecedentes	226
6.6.2	Bases teóricas del programa de mejoramiento genético	229
6.7	Hipótesis y variables	230
6.7.1	Definición de hipótesis	230
6.7.2	Fundamento para la definición de hipótesis	231
6.8	Metodología	232
6.8.1	Metodología para el mejoramiento de plantas	232
6.8.1.1	Fase 1	233
6.8.1.2	Fase 2	233
6.8.1.3	Fase 3	234
6.8.1.4	Fase 4	234
6.8.1.5	Fase 5	234
6.8.2	Uso de técnicas biotecnológicas en el mejoramiento genético	234
6.8.2.1	Cultivo de tejidos	235
6.8.2.2	Técnicas moleculares	236
	Conclusiones	239
	Recomendaciones	240
	Referencias	242
7	IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE PIURA, PERIODO 1975-2019	245
7.1	Introducción	245
7.1.1	Determinación	252
7.2	Formulación del problema	267

7.3	Objetivo	267
7.4	Importancia y alcance	267
7.5	Limitaciones del diagnóstico	268
7.6	Aspectos técnicos	269
7.6.1	Antecedentes	269
7.6.2	Bases teóricas	270
7.6.2.1	El cambio climático	270
7.6.2.2	La agricultura y el cambio climático	273
7.7	Hipótesis y variables	274
7.7.1	Hipótesis	274
7.8	Metodología	275
7.8.1	Tipos de investigación	275
7.8.2	Diseño de la investigación	276
7.8.3	Población y muestra	277
7.8.4	Datos	277
	Conclusiones	278
	Recomendaciones	280
	Referencias	281
	Anexos	285
	Anexo 1. Data climática en la Región Piura (1975–2019)	285
	Anexo 2. Autores	353

Presentación

Perú es indudablemente uno de los países que sigue siendo muy afectado y va a seguir siendo afectado por el Cambio Climático-CC, ello debido a su ubicación geográfica en el hemisferio sur y; sobre todo, por ser un país en vías de desarrollo con muchas brechas por cerrar. Desde la década pasada sigue siendo necesario contar con los estudios al respecto que respalden programas del estado, de mitigación, de desarrollo; en donde la investigación, tal como se viene haciendo en otros países del mundo, para el caso del Perú, sigue siendo una de las principales limitantes.

El departamento más afectado del país con el cambio climático será Piura, debido a su ubicación geográfica en la costa norte del Perú, muy cercana de la línea ecuatorial, por tanto, es vulnerable al cambio climático, y las temperaturas de estas regiones ya son elevadas aun sin el cambio climático. La actividad agrícola tan importante en la región sería insostenible con temperaturas mayores a las actuales, lo que afectaría el umbral térmico de las plantas, creando problemas en los cultivos. Piura ocupa el primer lugar como la región altamente vulnerable a los peligros del cambio climático en actividad acuícola y pesquera inclusive.

La actividad económica más importante en la región Piura es la agricultura de exportación, por su aporte al PBI agrícola regional y nacional. Los principales cultivos de exportación son mango, limón, plátano, uva y café; cultivos que son perennes hasta de 3 a 4 años de maduración y más de 20 años de vida. Además de la agricultura de subsistencia. En el primer caso con fuertes inversiones.

El problema es que aún no se tiene internalizado los efectos del cambio climático, por carecer del conocimiento técnico necesario, esto hace que los planes de adaptación sean lentos, se tienen pocas experiencias consistentes en planificación para adaptarse a sus efectos, debido a la incertidumbre que existe respecto al mismo y a la poca difusión y manejo de la información relacionada. A pesar de ello, a nivel de región y país no se implementa asistencia agrometeorológica y sistemas de alerta temprana en las estaciones cercanas a los cultivos y con acceso y orientación a los agricultores o empresas para que tomen acciones anticipadas y adecuadas.

En investigaciones anteriores se ha podido cuantificar el impacto del cambio climático en los cultivos antes señalados, a partir de una función de producción,

relacionando el rendimiento de cada cultivo respecto a las variables climáticas; temperatura, precipitación y el fenómeno de El Niño. Habiéndose estimado pérdidas de rendimiento en los cultivos.

Hoy, el Colegio de Ingenieros del Perú-CIP –creado el 8 de junio de 1962–, siendo una institución deontológica que representa e integra a los profesionales de todas las especialidades de la Ingeniería que ejercen en nuestro país, promoviendo y velando por el ejercicio de la Ingeniería en un contexto de orden, respeto, competitividad, calidad y ética; así como en el marco de los valores sociales, culturales y políticos. En cumplimiento de uno de sus fines institucionales con relación al país; como es el de interactuar permanentemente con la sociedad, mediante el cotejo y análisis de sus principales problemas, proponiendo soluciones integrales. Así como, contribuir a posicionar los problemas que nos aquejan a nivel nacional desde nuestras distintas especialidades de la ingeniería, para que sean establecidas en la agenda de las instituciones públicas y privadas en un ámbito nacional e internacional. Venimos realizando distintas ediciones y publicaciones de libros con el objetivo crear conciencia en cada uno de los ingenieros de la comunidad ingenieril a nivel nacional, destacando y reconociendo el valor y la función del libro como un agente muy importante en el desarrollo integral de la persona y en la transmisión del conocimiento en generaciones pasadas, presentes y futuras; ha implementado su Fondo Editorial como un actividad permanente.

En esta oportunidad, tenemos a bien ser parte de esta importante investigación denominada *Diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura: caso región Piura*, agradeciendo a nombre del Colegio de Ingenieros del Perú, a los autores de tan anhelada obra: ingenerio José Remigio Argüello, M.Sc.; Marco Edgardo Nevado Burgos, Ph.D.; ingeniero Gregorio Alejandro Marquezado Coronado; ingeniero Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe; ingeniero Ulises Vladimiro Vegas Rodríguez; doctor Carlos Alberto Granda Wong; ingeniero César Elías Talledo Mendoza; ingeniero Juan Carlos Rojas Llanque; economista Humberto Teódulo Correa Cánova y economista Marvin Suárez Guerrero.

Este libro proporciona una comprensión detallada de cómo las alteraciones climáticas vienen afectando la agricultura, permitiendo de esta manera identificar las áreas más vulnerables del proceso de producción y la ayuda a priorizar acciones e investigaciones. Al mismo tiempo, muestra planes y estrategias de adaptaciones y mitigaciones específicas para fortalecer el sector agrícola y evaluar el impacto económico y social en la agricultura de Piura, lo que es fundamental para la planificación de la producción alimentaria. Asimismo, entendemos que debe ser un insumo necesario para que se actualice la Estrategia Regional de Cambio Climático (2011), utilizando

los elementos teóricos citados por los actores, incorporando los resultados de la investigación, los cuales se capitalicen en acciones concretas, lineamientos para su desarrollo; en este sentido, este libro concluyente en las investigaciones desarrolladas por los actores en un insumo básico y necesario para ayudar en la toma de decisiones.

Más pronto comprendamos el cambio climático, más rápido descubriremos métodos para reducir las emisiones y adaptarnos a sus efectos.

Ing. Segundo Eduardo Reusche Castillo
Vicedecano Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú-CIP 2022-2024
Past Decano CIP Consejo Departamental de Piura

Prólogo

En marzo del 2017, Piura fue azotada por un Niño novedoso, no el habitual que viaja desde Australia y atraviesa todo el océano Pacífico hasta llegar a las costas de Sudamérica, sino de un Niño generado, sorpresivamente, en su propia costa, y por lo tanto fue denominado "El Niño Costero", que no tuvo nada que envidiar, en su poder destructivo, a su hermano gemelo. En la Región Piura, su agricultura sufrió daños considerables: cultivos inundados, infraestructura arrasada, pobladores rurales en la ruina, pobreza, hambre y desamparo.

En estas circunstancias, en el mes de octubre de ese mismo año, la Gerencia de Desarrollo Económico del GORE, la Dirección Regional Agraria, la Universidad Nacional de Piura, el IRAGER (Instituto Regional de Apoyo a la Gestión de los Recursos Hídricos) y varias otras instituciones, organizaron un evento denominado "Impacto del Cambio Climático en la Agricultura Regional"; el cual tuvo una gran acogida y participación muy numerosa, durante tres días, de toda una población tanto rural como urbana, que aun restañaba sus heridas causadas por el Niño Costero, pocos meses antes.

Podemos constatar, con agrado, que la presente publicación "Diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura: caso región Piura", ha escogido y recogido, con singular acierto, los más importantes temas expuestos en el evento antes mencionado, y agregado otros que probablemente no fueron materia de este. Es menester hacer notar que todo el contenido de esta nueva publicación debe haber sido revisada y actualizada, pues tiene referencias bibliográficas posteriores al año 2017, el del Niño Costero en nuestro país.

Los autores de este libro son reconocidos docentes investigadores universitarios, y la gran mayoría egresados de la Universidad Nacional de Piura; donde, quien escribe este prólogo con gran satisfacción, tuvo el honor de ejercer también la docencia universitaria, casi desde el año de su fundación.

En Piura, por lo menos un grupo de personas ha estado preocupado por el Cambio Climático, que como una espada de Damocles, amenaza no solo el progreso de la humanidad sino su propia sobrevivencia en este planeta. Precisamente en el evento antes mencionado se presentó y repartió a los asistentes una publicación titulada

Cambio Climático… Y?, que es una recopilación de veinte años atrás, de artículos sobre Cambio Climático publicados en nuestra Región.

Los autores precisan que el objetivo del presente diagnóstico es realizar un análisis multidisciplinario del efecto devastador del cambio climático en la agricultura de la Región Piura; siendo tal efecto, transversal sobre el proceso productivo, y resultando determinante en cuanto a la disponibilidad alimentaria. Los componentes escogidos de dicho proceso productivo son: el agua, el suelo, la biodiversidad, las plagas entomológicas, las plagas fitopatológicas, la genética y la productividad en su expresión tanto agronómica como económica.

Cambio climático.- Se hace un repaso del tema Cambio Climático, desde cuando Jhon Tyndall, hace más de 150 años, descubrió el efecto invernadero que explica por qué se calienta la atmosfera terrestre; y desde entonces hasta ahora, es innumerable la cantidad de científicos que corroboran y ratifican, que el proceso del "calentamiento global" es debido a la actividad humana por emitir cada vez más gases de "efecto invernadero" a la atmósfera terrestre, entre ellos el CO_2, el metano, el óxido nitroso, etcétera. En el quinto informe del PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) la máxima autoridad científica mundial sobre Cambio Climático se reporta que 1 300 científicos de todo el mundo llegaron a la conclusión de que existe más del 95 % de probabilidad de que la actividad humana en los últimos 50 años, es la responsable del calentamiento de la tierra. En la actualidad, hay científicos que tienen que salir en manifestaciones públicas con pancartas y hasta amarrarse a las rejas de las iglesias, para decirle al mundo, a quienes no quieren entender, que la tierra va camino a su destrucción, sino se frena el ritmo actual de emisión de gases y por ende del calentamiento global.

Efecto del Cambio Climático en la hidrología de la Región Piura.- Se hace una recopilación, bastante nutrida de datos dispersos, situaciones, deficiencias, problemas, causas, efectos, etcétera. Llegando a 19 conclusiones y 21 recomendaciones, muy variadas. Podemos rescatar algunas que consideramos particularmente más interesantes: se acota que existiría una reserva de acuífero subterráneo de 743 MMC, correspondiendo entre 30 a 40 MMC al acuífero del Zapallal; en los últimos 20 años se han incrementado en más de 30 000 ha los cultivos de agroexportación, ejerciendo ello una presión importante en la disponibilidad hídrica. Se hace una muy amplia revisión bibliográfica con 37 referencias, que incluye información muy nutrida de por lo menos 5 estaciones meteorológicas regionales. En cambio, no se hace alusión al Proyecto del IRAGER (Instituto Regional de Apoyo a la Gestión de los Recursos Hídricos) referido

a la creación de una "Autoridad Autónoma de Gestión de las Cuencas Hidrográficas de Piura", que ya ha sido sometido a discusión regional, desde hace varios años.

Diagnóstico de los impactos del Cambio Climático en el recurso suelo de la Región Piura.- Se hace un análisis, en cuanto a dichos impactos, sobre los siguientes componentes del sistema suelo: la captura de carbono, la erosión, la salinización, la población microbiana y sus repercusiones en su potencial productivo. El tema de la captura de carbono es aún incipiente, no se muestra interés ni mayor preocupación. Podemos mencionar como meritorio el caso del CIPCA (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado) que tiene en marcha un proyecto de evaluación del secuestro de carbono, por la cobertura vegetal, en la microcuenca del Singucate, en el Alto Piura. En el tema de erosión, se describe el grave problema de la colmatación de las represas y la necesidad de la construcción de nuevos reservorios para almacenar, por lo menos parte de los 3 000 MMC de agua que se pierden en el mar o en el desierto, en un año con El Niño. Respecto al tema de salinización, se hace un barrido bastante amplio de la información existente, enfatizando la gravedad de esta situación. Es de destacar haber incluido el componente de población microbiana, como merecedor de atención, dado que ello no es lo usual generalmente; este es un mundo donde hay aún mucho por descubrir y aprovechar. Es indiscutible que el efecto directo y de sus interacciones, de cada uno de estos componentes seleccionados del suelo, influye significativamente en su potencial productivo, y que todos ellos son severamente afectados por el Cambio Climático y esto hay que tenerlo muy en cuenta. Se llega a 11 conclusiones y 12 recomendaciones con 40 revisiones bibliográficas.

Efecto del Cambio Climático en la Biodiversidad de la Región Piura.- El cambio climático en su versión de abundantes lluvias en las zonas áridas, como Piura, viene a ser una bendición para la biodiversidad, agradecida por los pobladores, del bosque seco, por ejemplo. El Niño del año 1983, que tiñó de verde la campiña piurana, determinó la aparición de especies que estuvieron durmiendo en el desierto por falta de agua. Esto dio pie para que el CIPCA iniciara un proyecto de recuperación de especies, almacenamiento en un Banco de Semillas, propagación en el campo, etcétera. Se llegó a registrar en este banco una colección de 2 000 entradas. Todo este material genético, en su momento, fue transferido a la Universidad Nacional de Piura.

En la presente publicación, se aborda el tema de la biodiversidad en su relación interdependiente con el cambio climático y la seguridad alimentaria. La seguridad alimentaria depende de la biodiversidad y ambos están condicionados por el cambio climático. La pérdida de la biodiversidad es un problema gravísimo en todo el mundo, las especies vegetales y animales se extinguen ante la mirada indiferente de la mayoría

de los gobernantes y la angustia de los pocos conservacionistas. En nuestra región no existe un inventario oficial de la flora y fauna ni menos programas serios de protección y fomento de la biodiversidad. Por el contrario, el crecimiento de la población, de las ciudades, la expansión urbana desordenada, las industrias, la explotación desmedida de los recursos naturales, las concesiones mineras etcétera; atentan contra la biodiversidad. Se llega a 11 conclusiones y 9 recomendaciones con 21 referencias bibliográficas.

Efecto del Cambio Climático en el comportamiento de las plagas en la Región Piura.- En el presente caso, se refiere a las plagas entomológicas, principalmente insectos. En este aspecto, el Perú puede sentirse orgulloso, dada la pléyade de investigadores que se ocuparon de esto en la antigua Estación Experimental Agrícola de Cañete, por los años cincuenta del siglo pasado. La Escuela que dejaron ellos, sobre el control biológico e integrado de plagas, es reconocida en todo el mundo. La Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura tuvo el privilegio de contar, en sus inicios, con uno de esos investigadores, el ingeniero Juan Herrera Aranguena. Antes de ello, y también, luego, a pesar de eso, la mayor parte de las investigaciones sobre control de plagas en Piura, como en las demás regiones del país, versaron sobre comparativos de marcas, dosis, frecuencia de aplicación, etcétera, de pesticidas químicos. En este tema, de la presente publicación, se llegan a 14 conclusiones y 6 recomendaciones, luego de analizar experiencias propias del autor como de la consulta de 19 revisiones bibliográficas.

Relación entre las enfermedades de los cultivos y los cambios de clima en la Región Piura.- En este caso las plagas son patógenos (bacterias, hongos, virus, etcétera) que atacan tanto el funcionamiento fisiológico como los diversos órganos de la planta produciendo graves alteraciones en su estructura anatómica. Al igual que en el caso anterior de las plagas entomológicas, también en este caso la mayor parte de las investigaciones, en las facultades de Agronomía de las Universidades del país, han versado sobre marcas de productos químicos, dosis, frecuencias de aplicación, etcétera. Hay pocos casos de, por ejemplo, mejoramiento genético para mayor resistencia o prácticas culturales. Lo que sí es evidente es que las condiciones climáticas son determinantes (humedad, temperatura, radiación solar, viento etcétera) para la presencia de cualquier enfermedad. Se representa con un triángulo este tipo de relación: patógeno-clima-hospedante. En este caso, los autores llegan a 5 conclusiones y 4 recomendaciones, luego de una revisión bibliográfica de 15 referencias.

Mejoramiento Genético de Plantas como alternativa para mitigar el efecto negativo del cambio climático en la agricultura de la Región Piura.- La puntualización más importante en el presente caso, es que la importación de semillas

no es ninguna solución; al contrario, es una evasión del problema central. Las semillas mejoradas que se importan, han sido generadas para condiciones diferentes a las nuestras y no han de funcionar igual aquí. Por lo tanto, hay que empezar a generar nuestras propias semillas. Pero, para ello hay una dificultad de entrada, no existen bancos de germoplasma (probablemente una excepción sea el banco de germoplasma de mango que maneja el INIA en Hualtaco-Tambogrande). El autor de este capítulo del mejoramiento genético llega a 4 conclusiones y 9 recomendaciones, tanto de su propia experiencia como de la consulta de 17 referencias bibliográficas.

Impacto del Cambio Climático en la producción agrícola de la Región Piura: periodo 1975-2019.- En el diagnóstico que se hace sobre este tema, se menciona que la agricultura es la actividad de mayor capacidad de generación de empleo, en el Perú es del 18 % de la PEAO, y en Piura es del 25 %, lo que incide directamente en la seguridad alimentaria y la reducción del nivel de pobreza. El estudio de ZEE detectó que existen alrededor de 500 000 ha de tierras aptas para cultivos bajo riego, las que podrían atenderse con la cantidad de agua que se pierde en el mar en cada estación lluviosa, si se lograra almacenar tal volumen de agua. Las posibilidades de un desarrollo agrícola son muy grandes y con ello la posibilidad de un crecimiento económico que beneficie principalmente a los pobladores rurales, pero hay que atender los problemas mencionados en los análisis y diagnósticos anteriores. Se llega a 5 conclusiones y 6 recomendaciones, luego de una revisión bibliográfica de 57 referencias.

En resumen, podemos concluir que los autores del presente *Diagnostico sobre el efecto del Cambio Climático en la Agricultura: caso Región Piura*, coinciden en que el Cambio Climático tiene un efecto devastador sobre los componentes más importantes, responsables de una agricultura eficiente y exitosa, que son el agua, la biodiversidad, el suelo, las plagas y el mejoramiento genético. Estos componentes deben estar en óptimas condiciones para conseguir, principalmente, la seguridad alimentaria y contribuir a la atención de graves problemas sociales como el desempleo, la pobreza y el desencanto de las poblaciones rurales. En cada caso se llegan a conclusiones y recomendaciones valiosas, las que debieran ser publicadas en una separata para ser difundidas y ponerlas al alcance de todos los políticos, autoridades, funcionarios, administradores, etcétera, que tengan que ver y participen en la toma de decisiones para el desarrollo sostenible del país, y de la Región Piura en nuestro caso. Porque estemos seguros de que aquellos no tendrán la disposición ni ganas ni tiempo para leer un libro de 350 páginas. Los académicos si están en la obligación de leer todo este libro.

Necesitamos formar una masa crítica de investigadores altamente calificados con mística de servicio, que tengan la voluntad y fuerza moral para enfrentar la desidia,

la indiferencia y hasta la aversión que muestran muchos políticos y autoridades, aun dentro de centros académicos, contra la investigación científica. La carrera de un investigador con maestría y/o doctorado, que es la razón de ser de tales grados, es frustrada por la tentación política y administrativa, donde se consiguen mayores beneficios crematísticos.

Y en esta disyuntiva se ha perdido un tiempo valioso, la velocidad con que ataca el Cambio Climático a la agricultura es vertiginosa. Ya lo está haciendo, con la ayuda de sus engendros aliados, los Niños. En cambio, la investigación científica es pausada, meditada, programada. Entonces hay que pisar el acelerador y buscar nuevas vías, nuevos métodos, como en el caso de las vacunas para el COVID-19. ¿Podrá la inteligencia artificial ayudarnos en este desafío?

Piura, 6 de diciembre de 2023

Ing. Ricardo Pineda Milicich
Ingeniero Agrónomo
CIP N° 2635
Magíster y Doctor en Edafología
Docente Cesante Honorario de la Universidad Nacional de Piura

Resumen

En la Región Piura, el aumento de las temperaturas máximas de 2 ^{0}C en los meses de diciembre a marzo y de 1.0 ^{0}C para las mínimas, especialmente en los meses de junio a agosto, afectan negativamente el proceso de producción agrícola.

A nivel internacional, diversas instituciones como National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2023), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2023) y California Institute of Technology (Caltech, 2023) muestran las evidencias científicas de los cambios que ocurren como consecuencia del cambio climático: el dióxido de carbono en la atmósfera ha llegado a 419 ppm; aumento de la temperatura global de la tierra de 1.1 ^{0}C desde la época preindustrial; incremento del nivel del mar en 10+ cm desde enero de 1993; calentamiento de los océanos a 345 zettajoules desde 1955; deshielo de la antártica en 12+ % por década desde 1979; condiciones extremas de clima con temperaturas bajas de -24 ^{0}C y altas superando los 40 ^{0}C con presencia de lluvias, inundaciones y/o períodos de sequía; acidificación de los océanos decreciendo el pH de 8 debido al aumento de CO_2.

NOAA (2023) ha confirmado que la temperatura superficial de la Tierra en el año 2022 fue el sexto año de temperatura más alta desde 1880 en que se registran datos; igualmente, indica que en el año 2022 la temperatura promedio de la tierra fue de 1.55 ^{0}F (0.86 ^{0}C) más alto que el promedio del siglo 20th de 57.0 ^{0}F (13.9 ^{0}C). Los diez años más calientes, según los datos, han ocurrido desde el año 2010.

El quinto informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) establece que 1 300 científicos de diferentes países concluyen que existe más del 95 % de probabilidad de que las actividades humanas, en los últimos 50 años, han provocado el calentamiento en la Tierra. En la Región Piura, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre informó que entre los años 2003 y 2023 se han destruido 667 000 ha de bosques por la actividad humana.

En la Región Piura no se conocen investigaciones sobre el efecto del cambio climático y no existen datos confiables que puedan ser usados en las correspondientes investigaciones. El presente diagnóstico ha determinado el incremento de 2 ^{0}C en la temperatura máxima en los meses de diciembre a marzo y el aumento de 1 ^{0}C en las temperaturas mínimas durante los meses de mayo a septiembre, analizando datos de temperaturas provenientes de SENAMHI desde 2010 hasta 2019.

Las diferentes condiciones climáticas actuales limitan la viabilidad de los cultivos, incrementan el riesgo en la producción de alimentos, aumentan el efecto negativo en la economía del productor, producen desabastecimiento del mercado y lo más importante agravan la situación de la población de menores recursos económicos.

Actualmente en la agricultura de la Región Piura, como proceso biológico, se observan cambios en la fisiología, crecimiento, cosechas, ubicación geográfica y modificación en las épocas de producción de los cultivos en respuesta a los cambios del clima. La destrucción de los bosques causa, en el año 2017 y en el año 2023, los períodos de ausencia o disminución de las lluvias; y la destrucción de los bosques causan la pérdida de especies locales, incremento de la presencia de insectos y enfermedades y mortalidad en la flora y fauna natural de los bosques regionales.

La necesidad de un informe técnico del efecto del cambio climático sobre la realidad de la agricultura de la Región Piura, basado en el análisis de datos que permita conocer, entender y proyectar alternativas es la base del presente diagnóstico sobre los principales componentes del sistema productivo. El diagnóstico es el análisis que permite conocer el riesgo actual en que se encuentran los componentes principales del sistema de producción agrícola como recurso hídrico, suelos, biodiversidad, plagas, enfermedades, mejoramiento genético y análisis económico.

El objetivo de este diagnóstico es un análisis multidisciplinario del efecto devastador e irreversible del cambio climático en la agricultura de la Región Piura en concordancia con lo sugerido y practicado por la comunidad científica internacional: conclusiones y recomendaciones basadas en resultados del análisis de datos históricos.

Las conclusiones y recomendaciones del diagnóstico, en base a los análisis de datos de los diferentes componentes del sistema de producción, señalan que el riesgo de la agricultura en la Región Piura se incrementa debido a la conjugación de dos factores: la institucionalidad y los efectos del clima.

Las instituciones relacionadas a la agricultura en la Región Piura no han desarrollado investigación agrícola cuyos resultados permitan responder a los efectos del cambio climático. No existen publicaciones científicas que soporten una investigación sobre la agricultura para prevenir una crisis alimentaria en un futuro cercano. Ausencia de investigación sobre indicadores climáticos, desarrollo de cultivos en las nuevas condiciones climáticas y falta de aplicación de los avances tecnológicos que la ciencia ofrece tiene como resultado la carencia de acciones y programas de adaptación a los cambios ambientales. Por el contrario, la destrucción de los recursos naturales en la

región continúa sin la existencia de acciones que eviten el daño irreversible que es perpetrado día por día.

El diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura de la Región Piura es el proceso para reconocer el riesgo actual de los componentes principales del sistema de producción agrícola como recurso hídrico, suelo, biodiversidad, plagas, enfermedades, mejoramiento genético y análisis económico con el objetivo de formular análisis y evaluar el impacto de los cambios ambientales en cada uno de los factores de producción mencionados. Los resultados permitirán identificar las áreas críticas que demandan atención inmediata orientando la formulación de proyectos de investigación necesarios para mantener la producción agrícola y la seguridad alimentaria en la Región Piura, evitar la pérdida de los recursos naturales, incorporar los adelantos tecnológicos que la ciencia pone a disposición de los investigadores y el análisis, determinación, ejecución, prueba, implementación y mantenimiento de los procesos y técnicas de adaptación a las nuevas condiciones climáticas creadas por el calentamiento global.

El análisis del cambio climático para informar, educar, priorizar políticas y estrategias, implementar acciones y promover inversiones a nivel de la Región Piura debe ser parte de la estrategia actual, como lo es la difusión de información que podría ayudar a los productores agrícolas en la toma de decisiones sobre el manejo agrícola y la comercialización nacional y de exportación.

El presente diagnóstico concluye con la identificación de áreas críticas en cada componente del sistema productivo de acuerdo con la hipótesis de que el cambio climático tiene un efecto transversal o global sobre el proceso productivo y afecta la disponibilidad de alimentos. El conocimiento del proceso de producción agrícola en las nuevas condiciones ambientales creadas por el cambio climático determina la necesidad urgente de acciones para mantener y garantizar la seguridad alimentaria y definir las alternativas de investigación que permitan crear los proyectos necesarios para adaptar la agricultura de la Región Piura a las nuevas condiciones de clima debido al calentamiento global.

Introducción

El calentamiento global en la Región Piura, originado por la actividad humana, produce cambios en el comportamiento del clima que tendrá consecuencias devastadoras e irreversibles en la agricultura y la seguridad alimentaria en un futuro cercano. Incrementos en las temperaturas máximas y mínimas, contaminación ambiental y alteraciones en la frecuencia de períodos de lluvia y sequía afectan la viabilidad de los cultivos, incrementan el riesgo en la producción de alimentos, aumentan el efecto negativo en la economía del productor, genera desabastecimiento del mercado y lo más importante produce inestabilidad e inseguridad para la población de menor recurso económico.

El cambio climático altera la vida marina, afecta los recursos hídricos y ecosistemas terrestres alrededor del mundo. Los efectos se han observado en los años pasados, pero en la actualidad se han incrementado con consecuencias más graves para la sobrevivencia. En la agricultura de la Región Piura, como proceso biológico, se observan cambios en la fisiología, crecimiento, cosechas, ubicación geográfica y modificación en las épocas de producción como respuesta a los cambios del clima. El cambio climático ha causado pérdida de especies locales, incremento en la presencia de insectos y enfermedades y mortalidad en la flora y fauna natural de los bosques regionales.

La necesidad de un informe técnico del efecto del cambio climático sobre la realidad de la agricultura de la Región Piura, basado en el análisis de datos que permita conocer, entender y proyectar alternativas, es urgente para determinar el diagnóstico del efecto del cambio climático en los principales componentes del sistema productivo y determinar los aspectos más vulnerables de cada componente.

El diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura de la Región Piura es el proceso para reconocer el riesgo actual de los componentes principales del sistema de producción agrícola como recurso hídrico, suelo, biodiversidad, plagas, enfermedades, mejoramiento genético y análisis económico con el objetivo de formular análisis y evaluar el impacto de los cambios ambientales en cada uno de los factores de producción mencionados. Los resultados permitirán identificar las áreas críticas que demandan atención inmediata orientando la formulación de proyectos de investigación

necesarios para mantener la producción agrícola y la seguridad alimentaria en la Región Piura, evitar la pérdida de los recursos naturales, incorporar los adelantos tecnológicos que la ciencia pone a disposición de los investigadores y el análisis, determinación, ejecución, prueba, implementación y mantenimiento de los procesos y técnicas de adaptación a las nuevas condiciones climáticas creadas por el calentamiento global.

El objetivo de este diagnóstico es un análisis multidisciplinario del efecto devastador e irreversible del cambio climático en la agricultura de la Región Piura en concordancia con lo sugerido y practicado por la comunidad científica internacional. El presente diagnóstico y las investigaciones científicas diseñadas y ejecutadas al igual que las publicaciones técnicas tienen como común denominador mostrar y enfatizar en, al menos, tres aspectos sobre el peligro del efecto negativo del cambio climático para, posteriormente, buscar alternativas de estabilización de los procesos de alteración ambiental y minimizar los procesos de contaminación que son la causa del calentamiento global.

Primero, este diagnóstico analiza el riesgo en la agricultura y su consecuencia en la producción y sostenibilidad de alimentos en la Región Piura. Los componentes de este riesgo pueden convertirse más lejos de simples estimadores o resultados que incluyen consecuencias difíciles para las cuales las probabilidades de ocurrencia son variables y en algunos casos desconocidas. En este diagnóstico, se analiza el riesgo de los componentes del sistema agrícola como recursos hídricos, suelos, biodiversidad, plagas, enfermedades, mejoramiento genético y economía a través de sus respuestas al cambio climático, rango de escenarios y consideraciones dinámicas en el tiempo. Igualmente, se busca la interconexión entre ellos como la evolución o estabilidad frente a los cambios de clima, el desarrollo y transformación sostenible y las implicancias de regulaciones a través de escalas en sectores públicos y privados. En el contexto de las respuestas al cambio climático surge el concepto de administrar el riesgo que incluye planes, acciones, estrategias, o políticas para reducir la verosimilitud y magnitud de las consecuencias adversas.

Segundo, el diagnóstico describe la vulnerabilidad de los factores del sistema agrícola y sus respuestas al efecto del cambio climático, analiza los indicadores climáticos a través del tiempo señalando las evidencias del riesgo actual y proyección de este. Vulnerabilidad es, igualmente, un componente del riesgo que incluye la predisposición de ser afectado por los cambios climáticos o la incapacidad de adaptarse a los cambios que ocurren. Por lo tanto, el proceso de adaptación a los cambios de temperatura y disponibilidad de recursos hídricos representa un reto para los investigadores en agricultura y para agricultores de la Región Piura.

Actualmente, la creación de variedades a través del mejoramiento genético es el camino viable para responder al efecto de las nuevas condiciones ambientales creadas por el calentamiento global conforme a estrategias de identificación de los efectos y colección de datos, análisis de datos para la creación de información, planificación basada en análisis cuantitativo, implementación de las estrategias y evaluación y monitoreo.

Tercero, el diagnóstico en concordancia con el planteamiento de los problemas, la identificación de los aspectos técnicos, hipótesis y metodología originan la información necesaria para establecer las conclusiones que se consideran relevantes basadas en el análisis cuantitativo y formula las recomendaciones y estrategias como futuros temas de investigación en los componentes del sistema de producción agrícola.

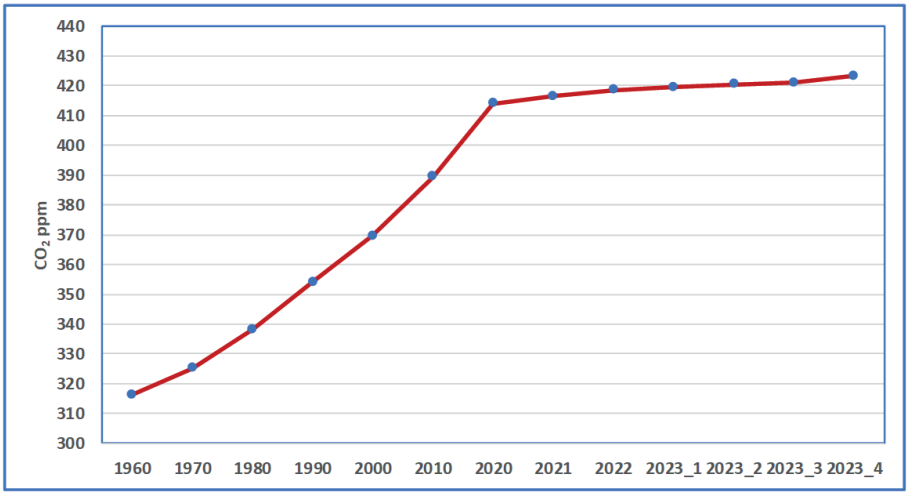
El diagnóstico no diseña ni crea proyectos de investigación, por el contrario la descripción y análisis de la realidad actual de los diversos factores del sistema de producción agrícola permite establecer las conclusiones y recomendaciones; como consecuencia y resultado de los análisis estadísticos representan el fundamento de las informaciones necesarias para identificar las áreas críticas que permitirán desarrollar, financiar, ejecutar e implementar los correspondientes proyectos de investigación.

El diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura de la Región Piura responde a la necesidad de analizar e identificar el efecto de los cambios ambientales en los diferentes componentes del sistema de producción agrícola y la continuidad de la producción alimentaria en la Región Piura. La amenaza del calentamiento global es real, universal y descrita por científicos que laboran en universidades, centros de investigación e instituciones públicas y privadas alrededor del mundo.

Las actividades del ser humano como el desarrollo industrial, el uso de combustibles derivados de petróleo, el incremento de la población, la destrucción de los bosques y áreas verdes y la agricultura misma se consideran como los mayores contribuyentes al calentamiento global. La retención de calor en la atmósfera se debe a la contaminación por la emisión de los gases llamados “de efecto invernadero” y origina una serie de efectos como el paulatino deshielo de los glaciares, el incremento del nivel de los océanos y la ocurrencia de eventos extremos de condiciones climáticas como sequía e inundaciones. La Figura 1 muestra el incontrolable aumento de CO_2 en la atmósfera por décadas, desde 1960 hasta 2023, en concordancia con el quinto informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) el cual señala que 1,300 científicos de diferentes países concluyen que hay más del 95 % de probabilidad de que las actividades humanas en los últimos 50 años han provocado el calentamiento de la tierra. En la Región Piura no existen acciones concretas para evitar

la contaminación ambiental ni mucho menos investigaciones que permitan conocer las alternativas para minimizar el daño a la atmósfera.

Figura 1. Incremento de la concentración de CO_2 ppm en la atmósfera por décadas



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA. Elaboración: Marco Nevado

El planeta tierra está protegido por una capa de ozono que filtra el paso de los rayos ultravioletas (UV) procedentes del Sol. Sin la existencia de esta capa de ozono no sería posible la permanencia del ser humano como ecosistema y la vida podría extinguirse. Cada día se va destruyendo la capa protectora ante la indiferencia del ser humano. La contaminación atmosférica debido a los "gases de efecto invernadero" tiene una tendencia creciente poniendo en riesgo la vida en el planeta.

Estadísticas a nivel internacional y literatura científica reciente muestra los cambios que se han producido en los diferentes climas en el mundo, el efecto que originan estos cambios y la necesidad de buscar procesos de adaptación y mitigación. La temperatura promedio del aire sobre la superficie terrestre se ha incrementado en más de 1.0 ^{0}C hasta 2022 con tendencia a incrementarse siendo un aumento significativo en la era moderna. Las frecuencias de precipitaciones anuales han decrecido en algunas partes y han aumentado en otras creando períodos prolongados de sequía o períodos de inundaciones originando pérdidas de incalculable valor. La concentración de gases "de efecto invernadero" ha alcanzado valores alarmantes como es el caso de CO_2 de 420 ppm en mayo de 2023 comparado con 370 ppm en el año 2000, lo cual causa mayores incrementos en las temperaturas conforme se incrementen los niveles de este gas como se muestra en la Figura 1.

Actualmente se observan cambios en el clima de la tierra en cada región y a través de todos los sistemas de clima. Muchos de los cambios que han ocurrido en el clima no tienen precedente en miles de años y algunos de ellos tienen efecto irreversible como ocurre con el incremento del nivel del mar, los deshielos o el cambio de temperatura debido al calentamiento global. Igualmente, las investigaciones y la preocupación a nivel mundial reflejan un extraordinario esfuerzo bajo excepcionales circunstancias para buscar alternativas que permitan la continuidad de la sobrevivencia. Los avances científicos, los cambios tecnológicos y la necesidad de actuar inmediatamente permiten entender la ocurrencia del cambio climático para tomar decisiones basadas en datos históricos que sustentan el análisis del calentamiento global, formular estrategias y buscar respuestas a los cambios originados por la actividad del ser humano.

La vulnerabilidad de la agricultura en la Región Piura se incrementa con los cambios de clima que ocurren actualmente. Los cambios no son solamente en temperaturas máximas y mínimas o humedad del ambiente, ocurren en otros factores que forman parte del sistema ambiental. Uno de los objetivos del diagnóstico es analizar la respuesta actual de la Región Piura frente a la preocupación y acciones que se están tomando como respuesta activa alrededor del mundo, por ejemplo:

- Investigaciones y reconocimiento del calentamiento global: más del 99 % de los investigadores en la academia, industria privada, centros de investigación y agencias de estudio y control del medioambiente en el mundo reconocen al calentamiento global como una amenaza real a la sobrevivencia en el planeta. Los resultados de las investigaciones indican que el calentamiento global no es un problema del futuro, es actual y real y se señala a la actividad humana como la causa principal del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Diversas publicaciones científicas explican los cambios ocurridos en el clima e indican que la humanidad actual pretende no ser testigo de los cambios observados en el clima global y que algunos de estos cambios son irreversibles. Igualmente, enfatizan que una de las actividades más vulnerables es la agricultura. El diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la agricultura de la Región Piura es urgente y preocupante debido a la escasa información científica existente, carencia de investigaciones por parte de las instituciones que tienen como responsabilidad y misión el estudio y análisis de la realidad en que vive la Región Piura y la carencia de información sobre el efecto del cambio climático en la agricultura en la misma región.
- Uso de combustibles derivados de petróleo: en el mundo más de cien países han adoptado medidas estrictas para reducir el uso de estos productos y se han propuesto investigaciones sobre el uso de fuentes alternativas de energía con el objetivo de

reducir la emisión de gases de "efecto invernadero". En la Región Piura la realidad es diferente, no se conocen medidas adoptadas para minimizar el uso de combustibles derivados de petróleo y no existen acciones concretas para utilizar otras fuentes de energía de menor efecto contaminante. Existe documentación sobre normas, regulaciones, adopción de estrategias, propuestas y leyes para evitar la contaminación. Sin embargo, la contaminación ambiental se incrementa siendo el transporte un factor determinante.

- Efecto del calentamiento global en la producción agrícola y mantenimiento de la seguridad alimentaria: el calentamiento global producirá efecto en la seguridad alimentaria a nivel global, nacional y en el caso específico de la Región Piura. Se podrían generar serias alteraciones en la agricultura y en consecuencia en la producción de alimentos será difícil el acceso a los productos cosechados. Las investigaciones a nivel internacional están encaminadas a lograr que los cultivos se adapten a los incrementos de temperatura, cambios en la frecuencia de precipitaciones y períodos de sequía, reducciones, disponibilidad, eficiencia y tecnología del uso de agua para riego, conocimiento de las respuestas fisiológicas de los cultivos a los cambios ambientales y adaptación de los cultivos a condiciones extremas de calor y sequías. En el caso de la Región Piura, no existen investigaciones sobre el efecto del cambio climático en la agricultura, por lo tanto, la información es limitada. Las opciones de adaptación como nuevas variedades genéticamente desarrolladas para las condiciones de alta temperatura y resistencia a sequía, prácticas agrícolas, manejo de plagas y enfermedades y sistemas de riego eficientes están limitadas a las investigaciones de las empresas privadas instaladas en la región.
- Eventos extremos de clima: a nivel internacional el aumento de las temperaturas y la presencia de sequías prolongadas incrementa la probabilidad de incendios en muchas regiones. Aun en regiones con presencia de lluvias se observan cambios en las frecuencias de estas creando condiciones propicias para los incendios forestales. Por otro lado, en algunas regiones se han incrementado las precipitaciones mientras que en otras se han prolongado los períodos de sequía. Los países han implementado sistemas de monitoreo y prevención para responder en forma inmediata ante la ocurrencia de eventos extremos de clima. Aun cuando en el año 2017 los daños en la Región Piura fueron incalculables estos se repiten en 2023 debido a la ineficiencia de las autoridades correspondientes, las experiencias se han dejado de lado y no existen acciones que muestren la intención de recuperar lo dañado e implementar acciones de prevención ante la ocurrencia de fenómenos similares a 2017 y 2023. Piura no cuenta con programas de prevención que permitan ejecutar acciones inmediatas ante la ocurrencia de fenómenos extremos de clima.

- Efecto del calentamiento global en procesos biológicos: con el objetivo de encontrar respuestas al efecto de los cambios de clima en los diferentes cultivos, las investigaciones estudian los procesos de desarrollo, floración, fructificación y maduración y la interacción de ellos bajo las nuevas condiciones ambientales. Igualmente, se analiza el comportamiento de plagas y enfermedades en condiciones de altas temperaturas máximas y mínimas, diversas condiciones de humedad y niveles de estrés en los cultivos bajo la hipótesis que el cambio climático afecta el desarrollo biológico y comportamiento de plagas y enfermedades. La carencia de investigaciones para determinar el efecto de las nuevas condiciones climáticas en los cultivos de la Región Piura y el desconocimiento del comportamiento de plagas y enfermedades es una desventaja para el sostenimiento de la producción agrícola, redistribución de cultivos, cambios en los procesos fenológicos y conservación del equilibrio biológico. La carencia de publicaciones científicas sobre los cambios de clima y su efecto en la agricultura de la Región Piura dificulta el proceso de generar alternativas de protección al proceso de producción agrícola.
- Adaptación de los cultivos a los cambios del clima: la mayoría de los cultivos de alto rendimiento y adaptados a condiciones específicas de clima se ven afectados por los cambios de clima como resultado del calentamiento global, particularmente a la sequía y calor críticos en determinado momento durante el ciclo de vida del cultivo. Las investigaciones plantean esta preocupación y buscan en la diversidad genética la tolerancia a estreses para introducir los factores genéticos de adaptación en las nuevas variedades. Estos procesos de mejoramiento genético han demostrado éxito en modificar la respuesta de las variedades a diferentes estreses; sin embargo, para acelerar la respuesta de las variedades a las nuevas condiciones ambientales las técnicas biotecnológicas resultan el complemento ideal para cumplir con los objetivos establecidos. En la Región Piura no existe un programa de mejoramiento genético que tenga como objetivo crear variedades para responder en volumen de producción y calidad de producto cosechado a los cambios ambientales que están ocurriendo. La agricultura de la Región Piura depende de la importación de semillas. Las empresas privadas tienen, actualmente, sus propios programas de investigación para el cumplimiento de sus objetivos y negocios.

La agricultura y la economía agrícola de la Región Piura enfrentan desafíos cada vez mayores debido al cambio y variabilidad climática. Estos cambios podrían afectar la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Al mismo tiempo, los modelos climáticos de las agencias internacionales proyectan una mayor exposición a la inseguridad alimentaria en el mundo, por lo tanto, Perú y Piura estarán expuestos a un riesgo creciente en el caso que no se tomen medidas de adaptación y prevención. El

riesgo de la agricultura en la Región Piura se incrementa debido a la conjugación de dos factores: la institucionalidad y los efectos del clima. La Figura 2, indica la relación que existe entre la vulnerabilidad y la carencia de información meteorológica incluyendo las razones que generan el riesgo de la agricultura en la Región Piura. La carencia de investigación por parte de las instituciones relacionadas a la agricultura y la falta de información climatológica agravan el riesgo de la agricultura en la Región Piura.

Las instituciones relacionadas a la agricultura en la Región Piura no han desarrollado investigación agrícola cuyos resultados permitan responder a los efectos del cambio climático. No existen publicaciones científicas que soporten una investigación global para prevenir una crisis alimentaria en un futuro cercano. Ausencia de investigación agrícola y falta de aplicación de los avances tecnológicos que la ciencia ofrece tiene como resultado la carencia de acciones y programas de adaptación a los cambios ambientales. Por el contrario, la destrucción de los recursos naturales en la región continúa sin la existencia de acciones que eviten el irreversible daño que es perpetrado día por día a los recursos naturales. El análisis del cambio climático para informar, educar, priorizar políticas, estrategias, acciones e inversiones a nivel de la Región Piura no es parte de la difusión de información que podría ayudar a los productores agrícolas en la toma de decisiones sobre manejo agrícola y comercialización.

Los centros o instituciones de investigación agrícola en la Región Piura deben promover y apoyar la investigación, desarrollo, adaptación y adopción de variedades mejoradas en el ambiente de la región con tolerancia a la sequía y altas temperaturas, plaga y enfermedades con el objetivo de mantener la producción agrícola y la seguridad alimentaria y reducir la vulnerabilidad de los cultivos. Igualmente, investigar sobre el efecto del cambio climático sobre los factores del sistema productivo.

El clima en la Región Piura está cambiando y este cambio va a continuar por los años siguientes dependiendo, fundamentalmente, de la cantidad de gases de efecto invernadero que se acumulen en la atmósfera aumentando el calentamiento global y produciendo alteraciones climáticas que ponen en riesgo la agricultura.

El reto para los investigadores aumenta debido a que la agricultura depende de las condiciones climáticas y se esperan reducciones en el rendimiento de los cultivos y alteraciones en la calidad de los productos cosechados. La ocurrencia de estos cambios afecta la economía tanto del productor, mercado regional y nacional y el proceso de exportación.

Figura 2. Factores que incrementan el riesgo de la producción agrícola en la Región Piura



La confianza para crear estrategias de respuesta a los cambios de clima se basa en los análisis cuantitativos de datos históricos de variables climáticas. Las bases de datos deben tener credibilidad, consistencia y minimización de errores a través del tiempo; estas características no se encuentran en los datos disponibles actualmente. El mundo vive la época del análisis de datos, captura y análisis de estos, crear modelos que permitan establecer conclusiones para apoyar las decisiones y estrategias. Análisis de datos facilita a los investigadores entender el comportamiento de los indicadores climáticos, mitigar los efectos o establecer pruebas cuantitativas o cualitativas para proporcionar proyecciones de efectos extremos del clima en el tiempo. La Región Piura necesita fortalecer la infraestructura, análisis y proyecciones de datos climatológicos.

El presente diagnóstico analiza cada uno de los principales componentes del sistema de producción conforme con la hipótesis de que el cambio climático tiene un efecto transversal o global. Recursos hídricos, suelos, biodiversidad, plagas, enfermedades, mejoramiento genético y efecto económico se analizan para conocer el efecto del cambio climático en cada uno de estos. El efecto global del cambio climático sobre todos los principales componentes del sistema de producción de alimentos en la Región Piura; los factores de producción responden en forma individual y al mismo tiempo existe una interacción entre ellos que debe ser motivo de investigación.

El conocimiento del proceso de producción agrícola en las nuevas condiciones ambientales creadas por el cambio climático determina la necesidad urgente de mantener y mejorar la seguridad alimentaria. El volumen y calidad de los productos cosechados está influenciado por cada uno de los factores mencionados.

La agricultura de la Región Piura se encuentra afectada por la inestabilidad de la oferta hídrica debido a períodos prolongados de sequía o eventos ocasionales de lluvias poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola de la región. Análisis estadísticos de registros meteorológicos de la temperatura ambiental y de las precipitaciones en los últimos 20 años evaluados en la estación meteorológica Miraflores de Piura, así como registros de caudales de los ríos Chira y Piura en los últimos 40 años, permite determinar resultados preliminares del efecto del cambio climático global sobre el comportamiento de la hidrología regional que se traduce en la reducción de las precipitaciones y disminución de las descargas de los ríos Chira y Piura. En la medida que se intensifique el efecto del cambio climático en la región se afectará gradualmente la sostenibilidad y seguridad hídrica haciendo impredecible la oferta de agua para la ejecución de los planes de siembras con el consecuente efecto en la producción y productividad de los cultivos, por lo que amerita acciones de adaptación ante tal impacto.

El suelo es un recurso natural no renovable donde los efectos del cambio climático se observan en la aceleración de procesos naturales que afectan la capacidad de almacenamiento de carbono, erosión, salinización, balance hídrico y la biodiversidad en el suelo que se traduce en desertificación lo cual disminuye el potencial productivo del suelo como fuente de energía y alimentos para la humanidad. El incremento de la temperatura acelera los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica, disminuyendo la capacidad de almacenamiento de carbono, incrementa el proceso de evapotranspiración lo cual incide en el balance hídrico del suelo y en la aceleración de la salinización de los suelos agrícolas.

La variación del régimen de precipitación con una mayor recurrencia de períodos de sequía y eventos de altas precipitaciones genera erosión severa en colinas y montañas y en las cuencas altas de las provincias de Ayabaca, Huancabamba y Morropón. Esta situación agrava los procesos de sedimentación en zonas bajas, vulnerando la infraestructura de riego y drenaje natural, como las represas de Poechos y San Lorenzo. Otro efecto significativo es la inundación y erosión de los suelos agrícolas ribereños y urbanos en las cuencas bajas del río Piura y río Chira. El análisis de los factores mencionados sitúa a los suelos de la Región Piura en niveles de alta vulnerabilidad física natural debido a los impactos del cambio climático.

El número de especies de plantas, animales, microorganismos, la diversidad de genes en estas especies y los diferentes ecosistemas como desiertos, bosques secos y montañas son parte de la diversidad biológica de la Región Piura. La biodiversidad en la Región Piura está afectada por el efecto del cambio climático, la presión destructiva

del poblador local, la ampliación de la frontera agrícola y el cambio de uso del suelo; estos factores contribuyen a la destrucción de los hábitats naturales, distribución de las especies, dinámica poblacional y ecosistemas en general. La variabilidad climática observada en la Región Piura, así como la actividad destructiva del poblador piurano y el débil control de los organismos responsables de la conservación de la biodiversidad son la causa de la desaparición de bosques, matorrales, páramos y otras especies que forman parte de la biodiversidad local.

Por muchos años hasta la actualidad, los investigadores buscan determinar, en la naturaleza, como las especies interaccionan, producen, consumen recursos y aportan genes para mejorar las variedades y mantener la producción de alimentos. Limitar el calentamiento para asegurar un clima habitable y proteger la biodiversidad son objetivos complementarios y el logro de estos objetivos es esencial para proporcionar beneficios a la población. Sin embargo, en la Región Piura estos objetivos no reciben la atención y urgencia para evitar el deterioro de las condiciones ambientales y reducir el riesgo en la interacción clima-biodiversidad-calidad de vida. En la Región Piura no existe un inventario de la biodiversidad ni programas de evaluación y mantenimiento de la biodiversidad con objetivos específicos y acciones concretas, constantes y a largo plazo. La destrucción de la biodiversidad puede tener insospechables resultados negativos en los ecosistemas de la región.

El cambio climático es uno de los factores que permite la propagación de plagas y enfermedades en los cultivos, al igual que el movimiento de productos entre regiones o localidades. Investigaciones a nivel internacional indican que el cambio climático puede afectar el tamaño de las poblaciones de plagas y enfermedades, la razón de sobrevivencia, la distribución geográfica y la intensidad de daño, desarrollo y distribución de enfermedades. Los cambios en temperatura y lluvias tienen efecto significativo en la ocurrencia de cómo, dónde y cuándo se propagan las plagas y enfermedades. Igualmente, incrementos en los niveles de temperatura y precipitaciones favorece el crecimiento y distribución de la mayoría de las plagas debido a la presencia adecuada de humedad y calor que estimulan la actividad del ciclo biológico. Igualmente, cuando los niveles de temperatura y precipitación son demasiado altos pueden disminuir la velocidad de desarrollo y reproducción de algunas plagas y enfermedades.

Actualmente las investigaciones y publicaciones científicas sobre el efecto e interacción del cambio climático en las plagas y enfermedades en la Región Piura son limitadas. El control de plagas y enfermedades está orientado a la aplicación de productos comerciales generando la destrucción de los agentes polinizadores, creando incertidumbre y desconocimiento de la interacción con el cambio climático dando lugar

a la aparición de nuevas plagas o enfermedades, alteraciones en los correspondientes ciclos biológicos, velocidad en la multiplicación por época, temperatura y humedad, interacción con eventos extremos de calor y sequía y desconocimiento de la aplicación de ingeniería genética para lograr resistencia natural.

En Piura no existe un programa de mejoramiento genético que tenga como objetivo crear nuevas variedades para responder, en volumen de producción y calidad de producto cosechado, a los cambios ambientales que están ocurriendo. Las empresas privadas, actualmente, tienen sus propios programas de investigación para el cumplimiento de sus objetivos y negocios. El cambio climático representa un peligro para la agricultura de Piura debido al ritmo creciente de las temperaturas, alteraciones en las frecuencias de lluvias y sequías, contaminación alarmante de la atmósfera y la ruptura del equilibrio biológico como consecuencia del calentamiento global.

Los análisis de datos climatológicos históricos muestran evidencia que en los valles Medio y Bajo Piura existen incrementos en las temperaturas al igual que ocurre, hoy día, en el mundo. El diagnóstico sobre la situación del mejoramiento genético de plantas en Piura pone en evidencia la necesidad urgente de implementar programas de mejoramiento genético para reunir las características que permitan a las variedades responder al efecto de las modificaciones ambientales como consecuencia del cambio climático, incrementar el rendimiento de campo, mejorar la eficiencia de respuesta a las prácticas agrícolas, satisfacer la necesidad de alimentos para la población, en especial los grupos más vulnerables y mejorar la calidad de los productos para lograr amplitud de mercado en el mundo agrícola.

1. Efectos del cambio climático en la hidrología de la Región Piura

Gregorio A. Marquezado Coronado
Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe

Introducción

La década de 2010 a 2020 fue la más cálida desde que se tienen registros meteorológicos, en los últimos seis años se han observado las más altas temperaturas, a partir de 2015, según lo expresado por Guterres (2021), quién informó además que el mundo va camino a alcanzar un aumento catastrófico de la temperatura de 3 a 5 grados centígrados en este siglo, a menos que en la presente década se hagan cambios drásticos a fin de revertir dichas cifras y alcanzar el escenario de calentamiento reconocido por la ciencia con los efectos menos dramáticos.

Graziano da Silva (2017), aseveró que la creciente escasez de agua dulce es hoy uno de los principales desafíos para el desarrollo sostenible el que se incrementará a medida que la población mundial siga creciendo y se intensifique el cambio climático.

El clima y el ciclo hidrológico están altamente relacionados al producir alteraciones en el régimen pluvial, afectando la magnitud y duración de las precipitaciones y los escurrimientos, ocasionando riesgos extremos por escasez o por exceso de agua con graves amenazas para la salud humana y la actividad agrícola principalmente.

En el presente diagnóstico se han encontrado indicios que hacen sospechar que los recursos hídricos en la Región Piura ya están siendo afectados por el cambio climático al haberse observado incrementos de las temperaturas máximas y mínimas y disminución de las precipitaciones, principalmente en la última década 2010-2020, con excepción de lo ocurrido en el año 2017.

Se ha observado también de forma preliminar una alta correlación entre la temperatura superficial del mar (TSM) registrada en la estación Paita con las precipitaciones registradas en algunas estaciones meteorológicas ubicadas hasta los 250 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), evidencia que se debe tener en cuenta para prever ocurrencias de lluvias en Piura; sin embargo, para determinar con mayor grado de confianza las causas de los cambios en las precipitaciones y si estas son afectadas por

la variabilidad de la TSM, vientos, y/u otras variables, es necesario hacer estudios más detallados mediante el uso de modelos climáticos de mayor predictibilidad.

La demanda de agua para riego en los valles de la Región Piura se ha incrementado en los últimos 20 años por ampliación de la frontera agrícola y por mayor intensidad de uso de las tierras (doble campaña), exacerbada por la ineficiencia de los sistemas de riego y drenaje, así como las bajas tarifas que paga el usuario por el usufructo del agua que no generan apoyo financiero para mantener operativos dichos sistemas.

La Región Piura cuenta con recursos hídricos potenciales que, sí son regulados y aprovechados mediante una buena gestión, se puede mejorar la oferta hídrica en términos de cantidad, oportunidad y calidad; pero también el agua tiene que ser valorada como fuente de vida y desarrollo y en esa perspectiva se sustenta la trascendencia que la agricultura tiene para el futuro de la Región.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1 Determinación del problema

Una de las mayores preocupaciones en relación con el cambio climático es su marcada influencia sobre los recursos hídricos. De hecho, el clima y el ciclo hidrológico están tan íntimamente relacionados lo cual es difícil definir los límites entre ellos. Un incremento de temperatura esperado en los escenarios más probables de cambio climático tendrá importantes repercusiones en el ciclo hidrológico y por consiguiente en la disponibilidad de los recursos hídricos (Martínez y Patiño, 2012).

La variabilidad climática de manera recurrente en la Región Piura se caracteriza por alternar períodos de sequía cada vez más prolongados y lluvias intensas en algunos años que son influenciadas por la temperatura superficial del mar (TSM). Cuando esta variable se incrementa por efecto del fenómeno de El Niño, igualmente se incrementan las lluvias en la costa y, cuando desciende la TSM durante La Niña, disminuyen las lluvias (Hernández y Zambrano, 2009).

Rodríguez (2019) señala que la TSM del Pacífico Ecuatorial oriental tiene un marcado efecto en el clima de la costa norte del Perú y que su incremento incide en la subida de la temperatura y humedad del aire, por consiguiente, en la medida que se calientan las aguas del mar registradas en la estación Paita (ubicada en las coordenadas

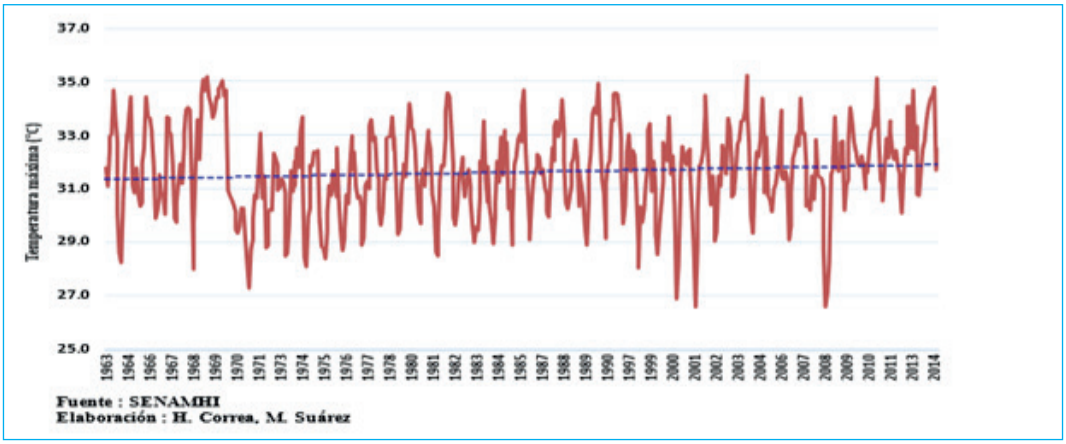
geográficas 05º04'37.98" latitud sur, y 81º07'13.98" longitud oeste) provocan lluvias en Piura que van de normales a moderadas cuando la TSM está por debajo de los 23 °C, y fuertes a muy fuertes cuando superan este umbral. Al respecto, la Agencia Estatal de Meteorología de España-AEMET (2014), establece que las lluvias débiles a moderadas no superan los 15 mm/hora y las lluvias fuertes a muy fuertes pueden alcanzar una intensidad de entre 30 a 60 mm/hora, y torrenciales cuando superan este límite.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI (2008), registró alteraciones en el comportamiento de las variables climáticas atribuibles al efecto del cambio climático. Resultados de análisis de datos correspondientes a las variables climáticas en Piura mostraron cambios en los patrones locales del clima a partir del año 1970 debido al aumento de la temperatura promedio de 1 °C en la zona de sierra e incremento promedio mayor de 1 °C en las áreas costeras. El informe concluye que los cambios afectarán a la agricultura y la disponibilidad estacional del agua causados por períodos extremos de precipitaciones y sequías.

Correa y Suárez (2020) analizaron los datos de temperatura máxima en la Estación Morropón en el período octubre 1963 a junio 2014, cuyos resultados refuerzan la tendencia del incremento de la temperatura en Piura como se aprecia en la Figura 1.1**.**

Llontop (2013) evaluó el impacto del cambio climático sobre la decadencia del algarrobo, la disminución de la producción y su alteración fenológica, así como la relación con agentes biológicos perjudiciales en un período de 30 años en los sectores: "El Carmen y La Rita" (Tambogrande-Piura), y "Ñomala" (Chulucanas-Morropón), habiendo observado que la temperatura en el bosque seco de Tambogrande y Chulucanas se incrementó progresivamente en 2.9 °C entre los años 2000 al 2011 y que fue evidente una variación interanual notable de la temperatura mínima más que de la máxima con tendencia a una disminución de la mínima en dichas localidades. También encontró una mayor diferencia entre la temperatura máxima y mínima a partir del año 2003 con tendencia a un incremento de la temperatura máxima y un decrecimiento de la mínima.

Figura 1.1. Promedio de la temperatura máxima registrada de octubre 1963 a junio 2014 en estación Morropón-Piura.



Pese a que varios autores han destacado que tanto los bosques altoandinos como los páramos son ecosistemas fundamentales para proveer de agua dulce a grandes poblaciones y permitir la regulación de la hidrología regional, la tasa de alteración y destrucción de estos bosques sigue siendo alta. Esta alteración cambia la estructura del bosque modificando las propiedades hidrofísicas de los suelos y por ende altera su funcionamiento hidrológico produciendo cambios considerables en su dinámica hídrica, como, por ejemplo, en las condiciones de interceptación del agua de la niebla por la vegetación, además que disminuye la infiltración y la capacidad de los suelos para retener el agua; en otras palabras, se altera ampliamente el ciclo hidrológico de estos ecosistemas.

Si bien son escasos, los estudios relacionados con la hidrología de estos bosques indican que estos juegan un papel importante en la regulación de los caudales, en el rendimiento hídrico en cuencas, en el control de la erosión y en la reducción de las inundaciones. La pérdida de la masa boscosa debida a la tala, a eventos naturales o al cambio climático puede dar como resultado una disminución de los caudales, especialmente durante los períodos secos. Pero la magnitud de las consecuencias aún no ha sido estudiada en gran parte de los bosques andinos (Tobón, 2009).

Otivo (2018), menciona que, en los últimos 20 años, en la Región Piura, se ha deforestado 667 mil ha de bosques y que las provincias de Ayabaca y Huancabamba tienen las más altas cifras de deforestación (250 mil y 313 mil ha, respectivamente), debido a un mal manejo del bosque y a las malas prácticas de conservación de los suelos que afecta el equilibrio de los ecosistemas andinos.

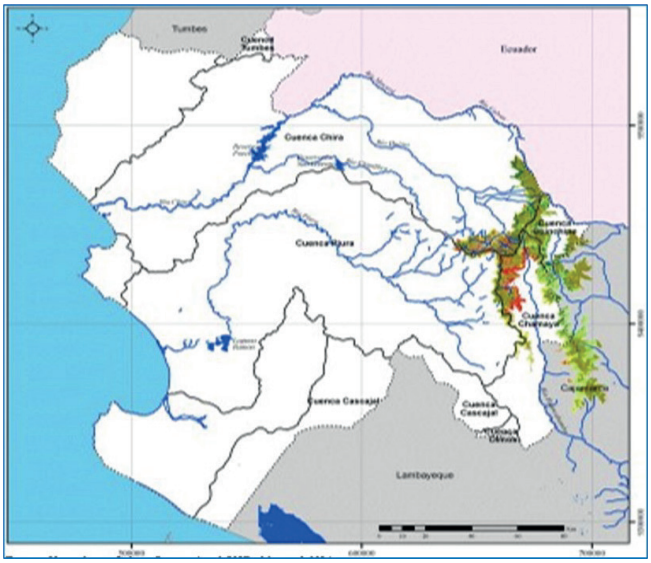
Viñas (2014) estima en aproximadamente 112 000 hectáreas (ha) el ecosistema páramo y bosque nublado de Piura, que representa menos del 5 % del territorio regional, y actúa como regulador del agua proveniente de la lluvia y la neblina en las zonas más altas de la cordillera andina que atraviesa la región entre los 3 000 y 3 800 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), y su estado de conservación es bueno. Las comunidades campesinas en cuyos territorios se encuentran localizadas estas fábricas de agua, las protegen de cualquier amenaza local o externa, habiéndose reconocido cuatro áreas de conservación privadas (ACP) por el MINAM; se trata de la ACP "Mangamanguilla" de la Asociación Agraria Manga de Salitral, ubicada en la provincia de Morropón; la ACP "Los Bosques de Dotor, Hualtata, Pueblo Libre, La Jardina y Chorro Blanco", ubicada en las provincias de Morropón y Huancabamba; la ACP "Bosque Seco de la Comunidad Campesina César Vallejo de Palo Blanco", ubicada en la provincia de Morropón; y, la ACP "Bosques Montanos y Páramos Chicuate-Chinguelas", ubicada en la provincia de Huancabamba (Andina, 2016).

Igualmente, dos áreas de conservación ambiental (ACA) reconocidas por la Municipalidad Provincial de Ayabaca: "Bosques Nublados y Páramos del Predio Ambulco"; estas áreas protegidas están ubicadas entre las comunidades campesinas Samanga y Tapal, en la provincia de Ayabaca, y tiene una extensión de 1 186.71 ha que une los páramos y bosques montanos de Piura y Cajamarca. "Este espacio natural representa una oportunidad para generar en los gobiernos locales y regionales la promoción e implementación sostenible de los recursos turísticos que beneficiará a los pobladores locales" (SIAR, 2021). En el mismo documento se cita que la nueva área de conservación ambiental en Ayabaca alberga el hábitat de 80 especies de flora, 46 de aves, 6 de mamíferos y 18 de insectos y que dichas especies ayudan en la regeneración del ecosistema y contribuyen a asegurar los servicios ambientales y mitigar el cambio climático.

Viñas (2022) considera, además, que una pequeña superficie del páramo en Piura ha sido degradada por actividades vinculadas a la ganadería de pastoreo y a otras actividades antrópicas como la "chamanería" en Huancabamba que es una actividad poco controlada y por la agricultura migratoria que consiste en talar el bosque, sembrarlo y luego, cuando el terreno se empobrece, migran a otras zonas y vuelven a talar el bosque. En los últimos 15 años se ha puesto interés en promover su conservación y aprovechamiento sostenible con el apoyo de la cooperación internacional, el MINAM, municipios locales y algunas entidades privadas que apoyan y respaldan las iniciativas de las comunidades locales. Actualmente está protegido el 50 % de los páramos en Piura, habiéndose creado dos (2) fondos financieros público-privados como mecanismos

de retribución por servicios ecosistémicos (MERESE): el Fondo de Agua Quiroz-Chira (FAQCH) y el Fondo Regional del Agua (FORASAN-Piura) para recuperar los servicios ecosistémicos del páramo y su monitoreo para medir su dinámica hidrológica.

Figura 1.2. Ecosistemas de montaña en la Región Piura.



Fuente: NCI, febrero 2014. Elaboración: P. Viñas

Paiva (2017) comentó que la eficiencia del uso del agua es de 36 % promedio en los valles agrícolas con riego regulado, debido a la deficiente operatividad, al mal estado de la infraestructura de riego, y las bajas tarifas que paga el usuario.

Saldarriaga (2017) analizó el costo y régimen del agua para uso agrícola y otros usos, estableciendo que para el año 2017 se calcularon las tarifas en 0.01189 Nuevos Soles por metro cúbico (m^3) de agua, o su equivalente de 118.90 Nuevos Soles para un módulo de riego de 10 000 m3/ha. Las tarifas de agua para riego que se aplicaron en el año 2020 en los valles agrícolas de Piura como se observa en la Tabla 1.1, aumentaron en comparación a las de años anteriores, sin embargo, todavía son insuficientes para garantizar una adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje.

Tabla 1.1. Tarifas de agua para uso agrícola (soles/m3) en la Región Piura, 2020.

SECTOR HIDRAULICO	SISTEMA DE RIEGO	TARIFA US0 INFRAESTRUCTURA MAYOR	MENOR	TOTAL TARIFA
Chira	Gravedad Tecnificado	0.00344 (a) 0.01014 (a)	0.02185 (b) 0.02396 (b)	0.0253 0.0341
Medio/Bajo Piura	Gravedad Tecnificado	0.0039899 (c) 0.0121196 (c)	0.01886 (d) 0.04423 (d)	0.0228 0.0563
Sechura	Gravedad	0.0039899 (c)	0.022525(e)	0.0265
San Lorenzo	Grav./Tecn.	0.03353 (f)	0.03067 (f)	0.0642
Alto Piura	Grav./Tecn.		0.016911 (g)	0.0169

Fuente: Resoluciones Administrativas de la ANA-AAA-JZ-V: (a) 200-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.CH del 26/12/2019, (b) 198-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.CH del 26/12/2019, (c) 659-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.MBP del 30/12/2019, (d) 658-2019-ANA-AAA-JZ-A.MBP del 29/12/2019, (e) 657-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.MBP del 30/12/2019, (f) 281-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.SL del 27/12/2019, (g) 205-2019-ANA-AAA-JZ-ALA.AP del 27/12/2019. Elaboración: G. Marquezado.

Si bien es relevante el incremento de las tarifas de agua para riego en los valles agrícolas de la región, también existe un problema de morosidad que no garantiza el suficiente soporte económico a los operadores hidráulicos encargados del funcionamiento de los sistemas de riego y drenaje.

El riego de superficie o inundación por melgas que se utiliza en los valles piuranos para el cultivo del arroz principalmente, es un sistema de bajo costo y menos eficaz debido a la evaporación y por el drenaje del suelo. Si a esta práctica ancestral se agrega la deficiente conservación de la infraestructura de riego y drenaje, nos encontramos frente a un escenario que reduce la eficiencia y la productividad del agua, afectando los suelos agrícolas.

Como resultado del Censo Nacional Agropecuario 2012, la Dirección Regional de Agricultura de Piura (DRAP) en el año 2015 estableció que el 26 % de la superficie agrícola bajo riego tenía problemas de salinidad y mal drenaje, siendo los valles del Chira y Medio y Bajo Piura los más afectados como se aprecia en la Tabla 1.2.

Tabla 1. 2. Áreas afectadas por salinidad y mal drenaje en los valles agrícolas de la Región Piura, 2012**.**

VALLE	ÁREA BAJO RIEGO (ha)	ÁREA AFECTADA (ha)		
		Salinidad	Mal drenaje	Total
Chira	**52,473.54**	**5,000**	**11,500**	**16,500**
Medio/Bajo Piura	**57,844.54**	**7,553**	**18,750**	**26,303**
San Lorenzo	**51,068.00**	**3,000**	**5,000**	**8,000**
Alto Piura	**38,758.24**	**500**	**1,500**	**2,000**
TOTAL	**200,144.32**	**16,053**	**36,750**	**52,803**

Fuente: INEI, IV Censo Nacional Agropecuario 2012. DRAP, 2015. Elaboración: G. Marquezado

La deficiente gestión en el manejo del agua de riego por falta de control en el cumplimiento de los calendarios de siembras trae consigo el desperdicio del agua. El agua representa valores en la sociedad y el entendimiento de la totalidad compleja de estos valores, es un elemento importante en la gestión integrada de los recursos hídricos (Torres, 2006).

La mayor intensidad de uso de los suelos agrícolas (doble campaña) y la incorporación de nuevas tierras a la agricultura bajo riego en los últimos 20 años, ha generado un cambio importante en la estructura de la cédula regional de cultivos con incrementos en superficie de área sembrada y mayores requerimientos de agua. Tadeo (2020) estima que solo en el área de influencia del Proyecto Especial Chira Piura (PECHP) se han incorporado 32 656 ha a la agricultura de regadío.

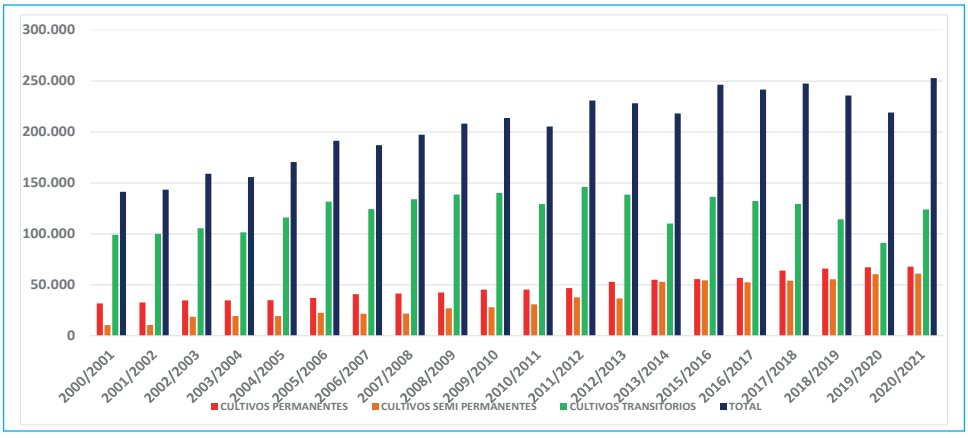
Según cifras actualizadas por la DRAP al año 2021, 27 408.44 ha (10.5 % de la superficie bajo riego) cuentan con sistemas de riego presurizado, destacando el riego por goteo con 23 164.05 ha. La conversión del riego tradicional a sistemas más eficientes es de lento crecimiento en la región.

Las siembras reportadas en los valles agrícolas de Piura en la campaña agrícola 2020/2021 superaron a la 2000/2001 en 113 353 ha, si bien este crecimiento es positivo para la economía regional, no lo es para los recursos hídricos que están sometidos a una constante presión por la mayor demanda de agua, que se agrava en años de sequías recurrentes y por la baja eficiencia del riego.

En la Figura 1.3 se aprecia el incremento significativo de las siembras ejecutadas en los valles agrícolas de Piura, expresadas en miles de ha, desde la campaña 2000/2001 a la de 2020/2021 (Apéndice A), notándose intervalos irregulares sobre todo en los cultivos transitorios que pudieran atribuirse a déficits de agua y/o a la escasez de lluvias en las zonas altas y medio andinas. En las zonas medio y bajas de los sectores con riego regulado, las siembras de arroz se han mantenido altas promediando 58 260 ha entre los años 2015 al 2019, y los cultivos permanentes, sobre todo frutales para la exportación, han tenido un crecimiento sostenido.

La evaluación del avance de siembras en la campaña agrícola 2020/2021 (Apéndice B), demuestra que el cultivo de mango se incrementó en 28 610 ha, limón ácido en 17 782 ha, vid en 8 676 ha, café en 8 681 ha y cacao en 1 535 ha; el banano orgánico alcanzó 9 971 ha y caña de azúcar para etanol 18 617 ha.

Figura 1.3. Siembras ejecutadas (miles ha) en los valles agrícolas de Piura, período 2000/2001-2020/2021.



Fuente (DRA.P). Elaboración: M. Ñáñez.

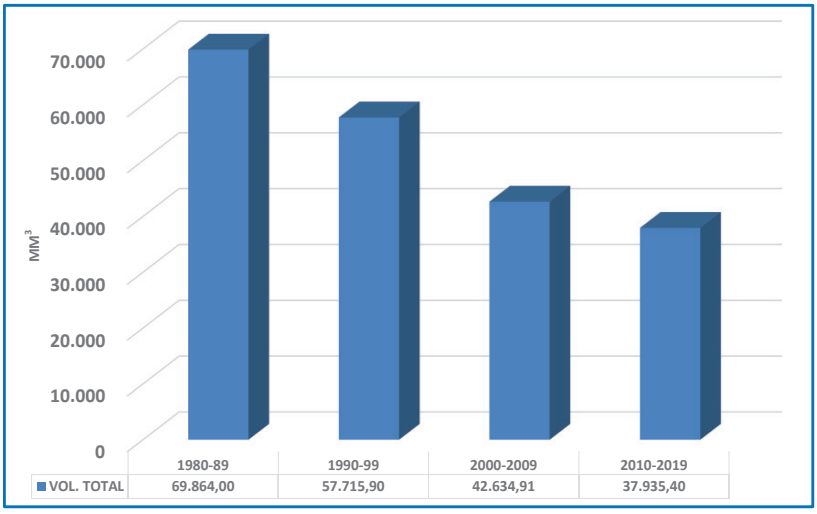
La segunda campaña agrícola o campaña chica en los valles con riego regulado, se realiza en la época de estiaje (junio a noviembre), cuyo desarrollo y resultados depende principalmente del agua almacenada en los reservorios Poechos y San Lorenzo. Las siembras de arroz autorizadas en este período reducen la disponibilidad hídrica afectando otras demandas prioritarias.

Las prácticas tradicionales en el manejo de los recursos hídricos en los valles agrícolas de Piura son ineficientes y no garantizan la sostenibilidad de la oferta hídrica a futuro; bajo esta perspectiva, los problemas se agudizarán en la medida que se agote la disponibilidad del agua por efecto del cambio climático, y en tal escenario se complicarán ante su demanda, generando conflictos sociales.

La producción de agua en la cuenca del río Chira no se aprovecha totalmente por la disminución sistemática de la capacidad de regulación del reservorio Poechos, y porque, además, el 60 % aproximadamente de la oferta hídrica se genera regularmente entre enero a abril por las características del ciclo hidrológico regional.

Registros batimétricos en el reservorio Poechos realizados por la División de Operación y Mantenimiento del PECHP en el período 1976-2018, establecen que la sedimentación acumulada de 533.76 MMC (60.3 % de la capacidad máxima de operación del embalse en la cota 103 m s. n. m.), ha reducido la vida útil del vaso regulador a 351.24 MMC, nivel muy por debajo del volumen de diseño proyectado a 50 años desde su entrada en funcionamiento en 1976 (ver tabla en el apéndice). La Figura 1.4 nos muestra la tendencia de la pérdida de capacidad de almacenamiento del reservorio Poechos en los últimos 40 años.

Figura 1.4. Volúmenes de agua (MMC) almacenados en la represa Poechos durante las décadas 1980 y 2019.



Fuente: Senamhi. Elaboración: M. Nevado.

Velásquez y Contreras (2013), establecieron que el reservorio San Lorenzo pierde anualmente 1.55 % de su volumen útil (0.78 MMC). En los años de ocurrencia del fenómeno El Niño la pérdida de su capacidad fluctúa entre 5 a 15 %. Transcurridos 50 años desde el inicio de sus operaciones en 1959, el reservorio San Lorenzo ha cumplido con las expectativas de diseño quedando 79.6 % de su volumen útil, según la batimetría practicada en el año 2008.

La Universidad de Piura (UDEP) dio a conocer los resultados del levantamiento batimétrico del reservorio San Lorenzo realizado en noviembre del año 2015 por conocer su capacidad máxima de regulación. El volumen del reservorio según la medición realizada fue de 195.6 MMC, y su capacidad neta en el nivel mínimo de operación en la cota 273 m s. n. m. es de 170 MMC. Comparando con la batimetría realizada en el año 2008, la capacidad del embalse disminuyó aproximadamente 2.76 %, es decir, que se ha acumulado 5.6 MMC de sedimentos en un período de 7 años (Universidad de Piura, 2016).

La mayor sedimentación de los reservorios Poechos y San Lorenzo se produce cuando ocurren eventos extraordinarios, como los fenómenos El Niño de 1983, 1998 y 2017 como se demuestra con los estudios batimétricos ejecutados (Apéndice C).

Los módulos y coeficientes de riego calculados en junio de 2015 por el PECHP, mediante la aplicación de la ecuación de Penman-Monteith (FAO 1990), para el cultivo de arroz en los valles de Chira, y Medio y Bajo Piura, determinaron que este cultivo requiere 12 549 m^3/ha y 13 878 m3/ha respectivamente en la primera campaña de enero a mayo. El estudio también establece que, en la práctica, en los valles que cuentan con agua permanente, los módulos son más altos para el mismo cultivo que en los valles con menos agua (Chira-Piura, 2015).

Se elaboró un cuadro comparativo entre las demandas multisectoriales (Tadeo, 2020) y las disponibilidades hídricas del sistema Chira-Piura para el período 2012/2013 al 2019/2020 (ANA-AAA-JZ-V), que demuestran teóricamente que las demandas multisectoriales fueron satisfechas. Ver, Tabla 1.3. y Figura 1.5.

Tabla 1.3. Balances hídricos (MMC) de los PADH en el sistema Chira – Piura, campañas agrícolas 2012/2013 - 2019/2020**.**

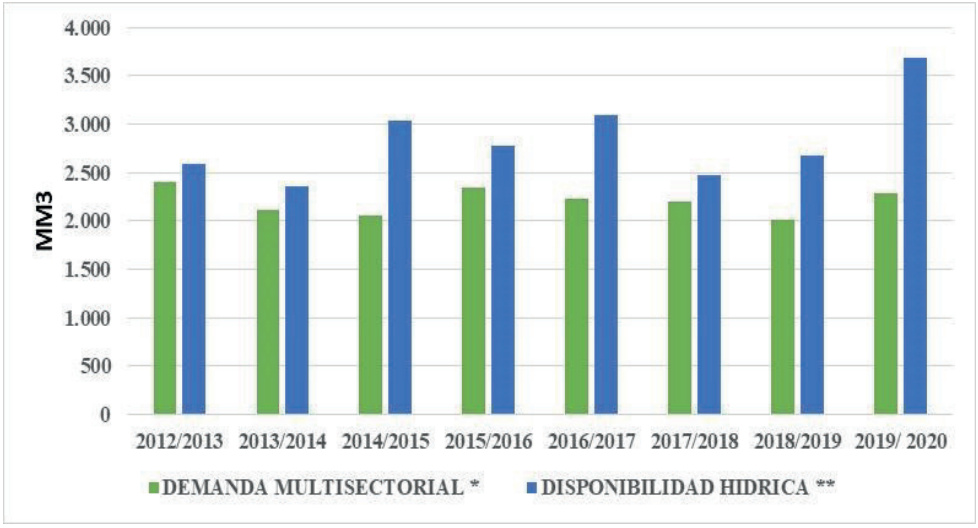
CAMPAÑAS AGRÍCOLAS	DEMANDA MULTISECTORIAL*	DISPONIBILIDAD HÍDRICA**
2012/2013	2,405.66	2,593.86
2013/2014	2,109.48	2,360.37
2014/2015	2,058.41	3,032.49
2015/2016	2,349.39	2,780.44
2016/2017	2,222.90	3,101.29
2017/2018	2,198.56	2,475.20
2018/2019	2,016.91	2,682.12
2019/ 2020	2,285.72	3,687.90

Fuente: *Tadeo, 2020, **Res. Adm. ANA-AAA-JZ. Elaboración: G. Marquezado, M. Ñáñez.

Las reservas de agua en los acuíferos subterráneos de la Región Piura pueden complementar el riego en situaciones de escasez de recursos hídricos superficiales. Cabrejos (2011) reporta que en diciembre de 2007 la Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira-Piura (AACHCHP) estimó una masa anual promedio de agua subterránea de 743 MMC.

Bolzicco *et al.* (s/f), menciona que se han hecho estudios para identificar y aprovechar el acuífero confinado denominado "El Zapallal", ubicado entre las localidades de Piura y Chiclayo, y que las prospecciones hidrogeológicas han permitido conocer que se ubica a 100 metros de profundidad abarcando una superficie de más de 10 000 km^2, con reservas de agua aceptables para riego y productividad media de 30 a 40 litros por segundo. Se calcula que el volumen de agua almacenada a presión en toda el área sea de 30 a 60 MMC.

Figura 1.5. Balances hídricos (MMC) de los PADH en el Sistema Chira–Piura, campañas agrícolas 2012/2013-2019/2020**.**



Fuente: Tadeo, 2020; R. A. ANA-AAA-JZ-V. Elaboración: G. Marquezado, M. Ñáñez.

El reservorio Poechos ha reducido su capacidad de almacenamiento a consecuencia de la sedimentación acelerada en los últimos 40 años por los eventos extraordinarios del fenómeno El Niño. La batimetría practicada por el PECHP en el año 2018, demuestra que la vida útil del embalse se ha reducido a un 40 % (Apéndice 3).

De lo señalado anteriormente se concluye que la hidrología en la Región Piura está siendo alterada por la variabilidad climática durante los últimos 40 años, en cuyo período se han producido fenómenos extraordinarios de El Niño y La Niña con precipitaciones intensas y sequías graves. Además, el incremento de la demanda de agua en los últimos 20 años y la débil gestión en su manejo, contribuyen a generar estrés hídrico.

1.1.2. Formulación del problema

Una de las mayores preocupaciones relacionadas al cambio climático es su marcada influencia sobre los recursos hídricos por las alteraciones en las temperaturas y precipitaciones. El clima influye en la disponibilidad del agua, por lo tanto, el diagnóstico para determinar el efecto del cambio climático en los recursos hídricos de la Región Piura se orientará a conocer las causas de estas variaciones con data retrospectiva.

La cuenca del río Piura sería la más afectada por efecto del cambio climático por su ubicación geográfica (350 y 3 650 m s. n. m.), de topografía abrupta, de alta pendiente, y las anomalías océano atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial.

El fenómeno de El Niño como ocurrió en 1983, 1998 y 2017, afectó el normal desarrollo de la actividad agrícola regional; igualmente, la intermitencia del fenómeno La Niña que se ha magnificado en los últimos años con sequías extremas ha generado impactos negativos en la producción alimentaria.

1.1.3. Objetivos

1.1.3.1. General

A partir del conocimiento del efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos, se buscará identificar indicios que estarían afectando la hidrología regional mediante el análisis de las variables temperatura y precipitaciones que definen el ciclo del agua.

1.1.3.2. Específicos

Analizar la variabilidad hidrológica en la Región Piura mediante el análisis de registros meteorológicos e hidrológicos disponibles con la mayor retrospectividad.

Evaluar la relación oferta/demanda de agua en un contexto de cambios en el ciclo hidrológico regional que estaría siendo afectada por el cambio climático.

Los acuíferos subterráneos de Piura pueden ser afectados por el cambio climático principalmente en las zonas de escasa precipitación como el Alto Piura.

1.1.4. Importancia y alcance

El agua es vital para la actividad agrícola, preservar las fuentes que la producen y mejorar su gestión, contribuirán a lograr mejores niveles de eficiencia y productividad. Tan importante es la oferta hídrica como relevante es la gestión de su demanda, por lo que deben constituir temas de estudio para mejorar niveles de eficiencia y productividad.

Las alteraciones climáticas que se han observado en Piura a partir de 1970, son evidencias de cambios en los patrones locales del clima por efecto del cambio climático (SENAMHI, 2008), y será la investigación de los nuevos escenarios del clima la que determine los impactos futuros del cambio climático sobre los recursos hídricos.

Schulz *et al.* (2012), sostiene que la agricultura por su propia naturaleza es muy sensible a las variaciones del clima sobre todo en los países en vías de desarrollo por ser los más vulnerables.

Torres (2018), establece que los ecosistemas de páramos andinos están bajo amenaza por la expansión agrícola, sobrepastoreo, desarrollo urbano y proyectos extractivos de minerales. Estas amenazas no solo afectan el entorno sino también a las comunidades que viven en las zonas y alrededor que no han logrado integrarse a la dinámica económica aun cuando son depositarios de conocimientos ancestrales sobre ellas y sus principales agentes de conservación. Estas comunidades andinas que conocen cómo proteger la biodiversidad, sucumben ante costumbres negativas como talar el bosque para sembrar alimento para el ganado o generar incendios para "provocar" lluvias. El sobrepastoreo por exceso de animales pastando largo tiempo en una misma área compacta la tierra afectando la calidad del suelo (Andean Forests, s/f).

Viñas P. (2014), en el estudio de modelación del rol del páramo en la hidrología bajo un escenario de cambio climático en la subcuenca Quiroz-Chipillico, menciona que los páramos de dicha subcuenca aportan un promedio de 4.4 m^3/seg, y que aun en períodos secos el páramo aporta entre 2 y 3 l/seg/km^2.

La disminución de la oferta hídrica en las cuencas Chira y Piura durante los últimos 20 años puede atribuirse a alteraciones en las precipitaciones causadas por el cambio climático que no han tenido mayor impacto en la coyuntura actual de escasez del agua para el regadío en Piura, en todo caso, el problema se sustenta en la inadecuada gestión de este recurso y en el incremento de la superficie sembrada en los últimos 20 años, que ha contribuido a ejercer mayor presión sobre la disponibilidad hídrica.

En la cuenca del río Chira, regularmente entre los meses de enero a abril se registran los mayores aportes hídricos que en algunos años no se aprovechan por reglas de manejo técnico del reservorio Poechos y por la pérdida sistemática de su capacidad de almacenamiento, situación que se ha agravado desde 1983 por efecto de los eventos extraordinarios del fenómeno El Niño.

La cuenca del río Piura se caracteriza por una menor oferta de agua que no es aprovechada totalmente sobre todo en períodos de mayores avenidas por falta de obras de represamiento y regulación, además, esta cuenca es la más vulnerable a eventos climáticos extremos por las anomalías océano-atmosféricas que se presentan en el Pacifico Central y Occidental donde se generan los fenómenos El Niño y La Niña. Las condiciones pluviométricas de esta cuenca están determinadas por su localización geográfica, factores climáticos, circulación local (briza-mar-tierra) y condiciones de circulación atmosférica (SENAMHI, 2004)

Otro de los factores que afecta la gestión del agua, son las bajas tarifas que pagan los usuarios, siendo marginal en la estructura de los costos de producción agrícola. Al estar el agua por debajo de su valor real, los agricultores hacen un mal uso de este recurso al sobre irrigar el suelo y no ser aprovechado en otros cultivos (Zegarra y Quezada, 2006).

1.1.5. Limitaciones de la investigación

Las evaluaciones periódicas de la oferta y demanda de agua para riego para reajustar los PADH en situaciones extremas de escasez o exceso, en la práctica no contribuyen a promover una mejor gestión del agua.

La información de variables climáticas que se dispone para los análisis estadísticos no es consistente en periodicidad y amplitud, que en algunos casos supera los 40 años y en otros entre los 5 y 20 años, con registros diarios, semanales y mensuales. También se ha detectado pérdida u omisión de datos en algunas fuentes.

No se pudo contar con base de datos de la cuenca del río Huancabamba por lo que no será parte del presente diagnóstico.

1.2. Aspectos tecnicos

1.2.1. Antecedentes del problema

Desde el año 2000 se han observado alteraciones en los regímenes de temperaturas y precipitaciones por efectos del cambio climático en el bosque seco de Tambogrande y Chulucanas. Llontop (2013), estableció que, en esas localidades, la temperatura máxima se incrementó aproximadamente en 2.9 ºC en el período del 2000 al 2011, y que los pobladores del bosque seco también reconocieron que en los últimos 10 años han sentido una sensación térmica mayor. El autor concluye que para las mismas localidades y en la ciudad de Piura, se observó un descenso progresivo de la humedad relativa.

Los efectos del cambio climático ya se sienten en la región, con mayor impacto en la cuenca del río Piura. El incremento de las temperaturas máximas y mínimas están modificando las condiciones climatológicas y el ambiente en que se desarrolla el sistema agrícola y la población en general. Las condiciones de sequía extrema en dicha cuenca durante el año 2004 (CONAM, 2006), así como en los años 2007 y 2014 (según registros de descargas medias anuales del río Piura en la estación Ñácara (Lat.

05° 06' 34" S, Long. 80° 10' 14"W, Alt.119 m s. n. m.) de la base de datos del PECHP, pusieron en riesgo los requerimientos de agua para la agricultura.

El incremento del 80 % de la superficie sembrada en los últimos 20 años (ver apéndice A), el deficiente manejo del agua sobre una infraestructura de riego y de drenaje obsoleta y el aumento de las siembras de cultivos de mayor consumo de agua como el arroz, son factores que contribuyen a generar situaciones de estrés hídrico que pudieran agravarse en escenarios futuros de cambio climático.

La progresiva sedimentación de los reservorios Poechos y San Lorenzo reduce la capacidad de almacenamiento, regulación y aprovechamiento de la oferta hídrica que no garantiza la seguridad hídrica a futuro.

1.2.2. Bases teóricas

Se prevé una aceleración del ciclo hidrológico en el planeta debido al aumento de las temperaturas que a su vez incrementará la evaporación. Las lluvias aumentarán en los trópicos y en mayores latitudes, pero disminuirán en las zonas de clima seco y semiárido. Se espera que en las latitudes que ya sufren de escasez de agua se vuelvan más secas y calurosas.

La escasez de agua, la incertidumbre hidrológica, los fenómenos meteorológicos extremos (inundaciones y sequías) y el cambio climático, constituyen amenazas para el desarrollo de una agricultura sostenible.

El clima está relacionado directamente con el comportamiento de las variables que intervienen en el proceso dinámico del ciclo del agua como son las temperaturas, precipitaciones y otros fenómenos atmosféricos que desencadenan efectos extremos (sequías e inundaciones) afectando el normal desarrollo de la actividad agropecuaria. El análisis de estas variables permitirá encontrar indicios del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en la Región Piura.

1.2.2.1. El clima y sus impactos en la actividad agrícola

La variabilidad climática y la ocurrencia de eventos extremos han estado presentes en los últimos años, afectando a países en todo el mundo. Es difícil pronosticar efectos precisos del cambio climático, sin embargo, estudios recientes advierten sobre los impactos en el ser humano, incluso se avizoran posibles conflictos al aumentar la competencia por el agua y alimentos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2009).

La mayor intensidad del fenómeno El Niño ocurrida desde 1980 en la Región Piura, ha ocasionado eventos extremos caracterizados por inundaciones y desbordes de los ríos, exacerbados probablemente por el cambio climático. La ocurrencia e interacción de los eventos mencionados da como resultado la progresiva y acelerada sedimentación de los reservorios Poechos y San Lorenzo, pérdida de tierras de cultivos, erosión y salinización de los suelos agrícolas.

1.2.2.2. El clima y el recurso hídrico

El cambio climático tiene una clara incidencia en la oferta de agua, afectando a los ecosistemas y la agricultura. Con el paso del tiempo, se observarán cambios en la calidad del agua de los ríos y, con mayor intensidad en lagunas, represamientos, humedales y ecosistemas costeros. Siendo el agua el motor de la vida, es de suponer que los cambios en el ciclo hidrológico produzcan a su vez alteraciones en los ecosistemas y en la salud del ser humano.

1.3. Hipótesis y variables

1.3.1. Definición de la hipótesis a demostrar

Las intermitencias en la hidrología de la Región Piura desde 1970, han afectado el normal desarrollo de la actividad agrícola por abundancia o escasez de agua. Producir alimentos en estos escenarios amerita estudiar las variables climáticas que definen el ciclo hidrológico regional para encontrar algún grado de influencia del cambio climático en su comportamiento.

1.3.2. Fundamento para definir la hipótesis

El diagnóstico se fundamenta en registros meteorológicos e hidrológicos que se han obtenido de fuentes oficiales en el área de estudio.

1.3.3. Variables de estudio

La precipitación y evaporación dentro del proceso interactivo que define el ciclo hidrológico depende de un delicado balance de factores ambientales, por lo tanto, la temperatura y la precipitación constituyen las variables de mayor análisis de estudio en el presente diagnóstico. También se considerará la influencia de la TSM registrada en la estación Paita y registros de las descargas de los ríos Chira y Piura.

1.3.4. Definición y descripción detallada de las variables de estudio

Las variables que se consideran en el presente diagnóstico son registros de temperatura ambiental (máximas y mínimas en grados centígrados) en la estación Miraflores de Piura, TSM (medias mensuales en grados centígrados) en la estación Paita, caudales de los ríos Chira y Piura (en m^3/seg), y precipitaciones (en mm) en las estaciones El Ciruelo (Ayabaca) y Miraflores (Piura).

1.4. Metodología

El presente diagnóstico es de carácter descriptivo, cualitativo y cuantitativo, complementado por trabajos de investigación, publicaciones y entrevistas relacionados al tema. La información estadística de las variables temperatura y precipitaciones, descargas de los ríos, con retroactividad, permitirá conocer de manera preliminar la influencia del cambio climático en el comportamiento de la hidrología regional.

1.4.1. Diseño de la investigación

La valoración y análisis de las variables temperatura, precipitación y descargas de los ríos, haciendo uso de la información retrospectiva disponible, nos permitirá encontrar evidencias vinculadas al efecto del cambio climático en la hidrología regional. Con los resultados obtenidos y usando el razonamiento lógico y analítico se podrá demostrar en forma preliminar que la influencia de la variabilidad climática está afectando la disponibilidad de los recursos hídricos en la Región Piura.

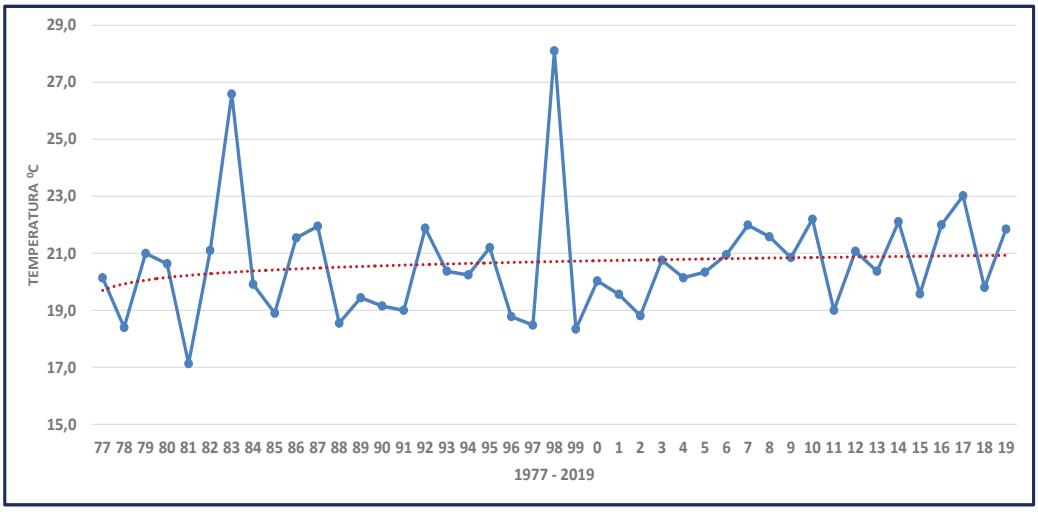
Se hará uso de registros históricos de la TSM de la estación Paita (IMARPE, 1975/2019), temperatura y precipitaciones de las estaciones Miraflores y El Ciruelo (SENAMHI, 2010/2019), así como las descargas de los ríos Chira y Piura (PECHP, 1976/2019), que constituye la base de datos para el presente diagnóstico.

1.4.2. Análisis de datos

Del análisis estadístico de datos, se ha llegado a establecer que el cambio climático ya está afectando la hidrología regional.

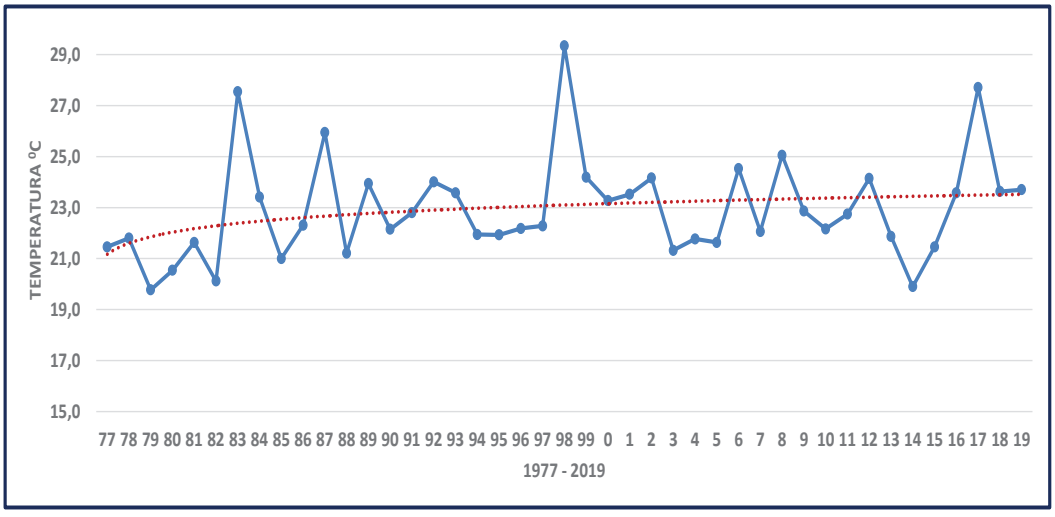
Datos históricos de la TSM en Paita desde 1977 a 2019 (42 años), muestran un incremento de aproximadamente 2 °C al comparar los meses de enero a abril del año 2019 versus los correspondientes a 1977. Figuras 1.6 al 1.9.

Figura 1.6. TSM en estación Paita de enero de 1977 a 2019.



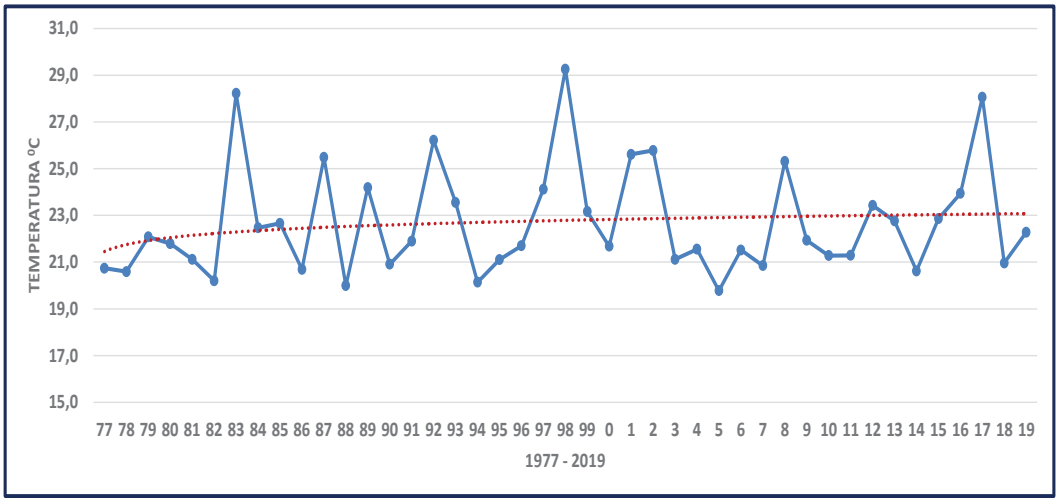
Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado.

Figura 1.7. TSM en estación Paita de febrero de 1977 a 2019**.**



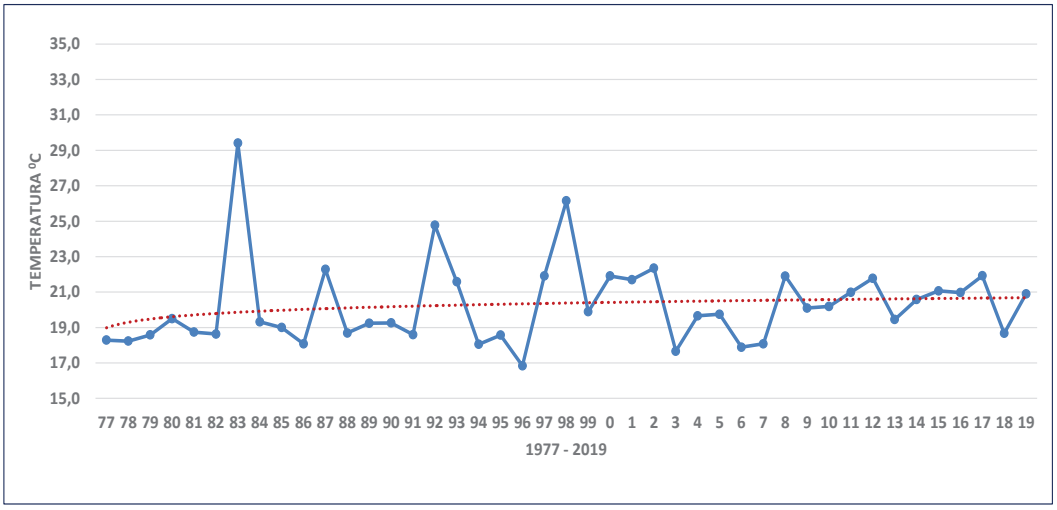
Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.8. TSM en estación Paita de marzo de 1977 a 2019.



Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.9. TSM en estación Paita de abril de 1977 a 2019.



Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado.

Los registros de la TSM en la estación Paita (latitud 5.07°S y longitud 81.27°W), en el período 1977-2019, revelan incrementos de 1.8 °C para el mes de enero, 2.2 °C en febrero, 1.6 °C en marzo, y 2.6 °C en abril, lo que constituye evidencia preliminar del efecto del calentamiento global en el ecosistema marino-terrestre de la costa piurana. Hernández y Zambrano (2009), establecieron una correlación directa entre la TSM en el Pacífico Oriental y las precipitaciones en la costa de Ecuador.

Análisis comparativos de datos históricos de la TSM en la estación Paita y las precipitaciones en dos estaciones meteorológicas de Piura: Miraflores (34 m s. n. m.) entre los años 1980 a 2019, y El Ciruelo (225 m s. n. m.) entre los años 1971 al 2019, demuestran que la temperatura del mar influye positivamente en las precipitaciones que ocurren en suelo continental de Piura.

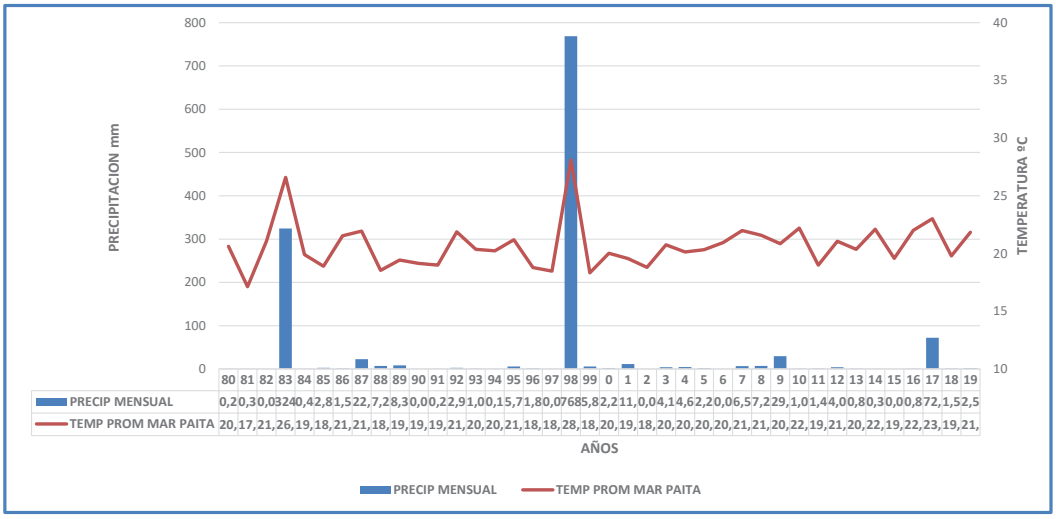
Los resultados de correlación se muestran en la Tabla 1.4, observándose un alto nivel de asociatividad de la TSM de Paita con las precipitaciones registradas en las estaciones Miraflores y El Ciruelo. Las figuras del 1.10 al 1.13. grafican el nivel de correlación entre la TSM y las precipitaciones en la estación Miraflores.

Tabla 1.4. Correlaciones entre TSM en estación Paita y precipitaciones en las estaciones Miraflores (Piura) y el Ciruelo (Chira), período 1980-2019**.**

ESTACIONES METEOROLOGICAS	COEFICIENTES DE CORRELACION			
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Miraflores - Piura	0.7515	0.7689	0.8402	0.7367
El Ciruelo - Chira	0.7216	0.7069	0.7900	0.8514

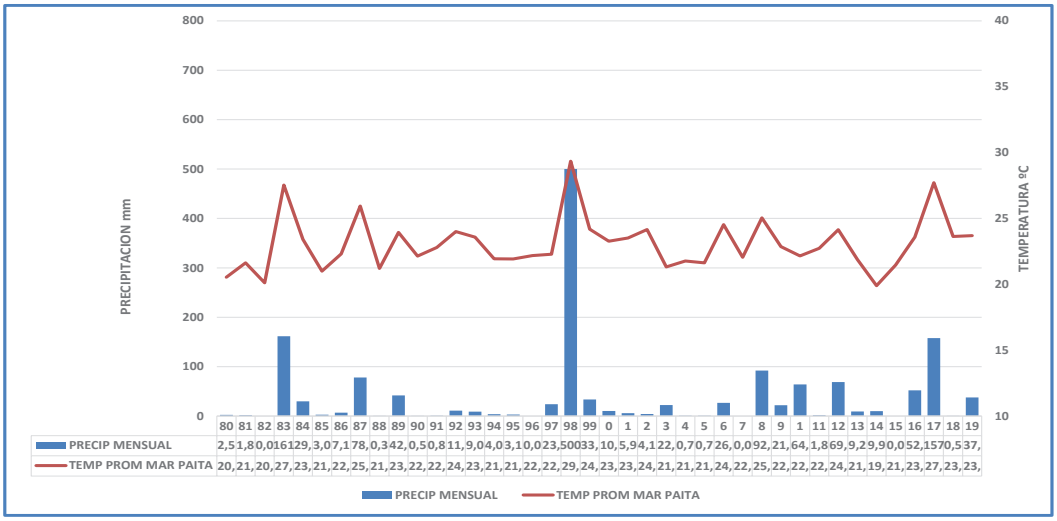
Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.10. TSM en Paita versus precipitaciones en estación Miraflores de Piura, en enero de 1980-2019 (r = 0.7515)**.**



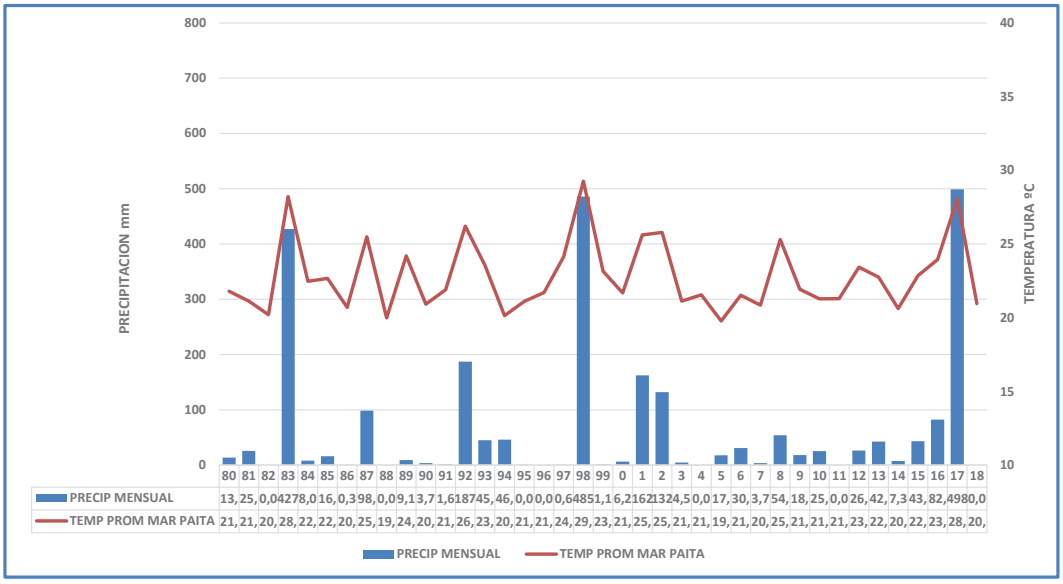
Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.11. TSM en Paita versus precipitaciones en estación Miraflores de Piura, en febrero de 1980-2019 (r = 0.76890).



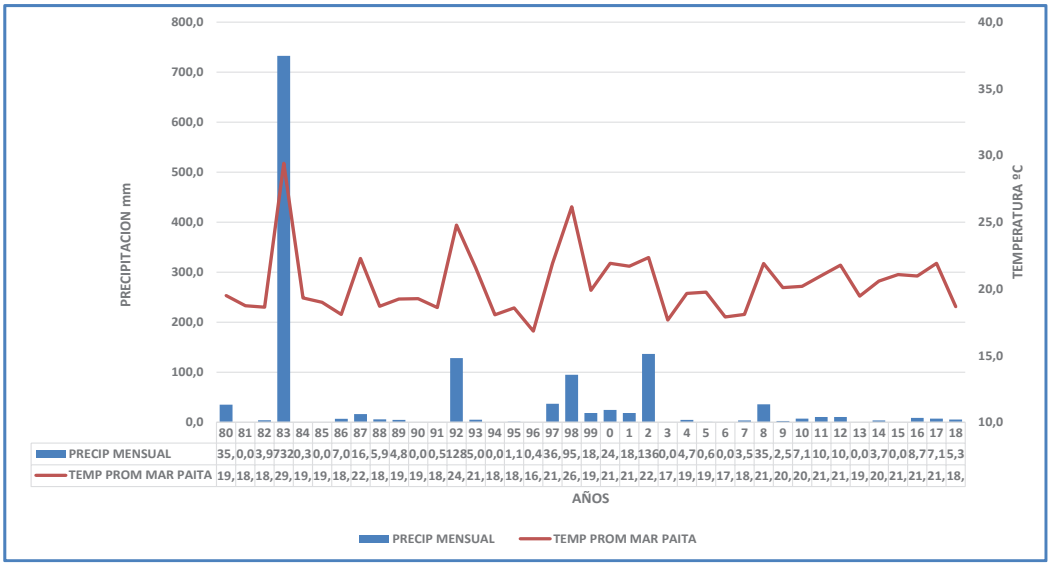
Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.12. TSM en Paita versus precipitaciones en estación Miraflores de Piura, en marzo 1980-2019 (r = 0.8402).



Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

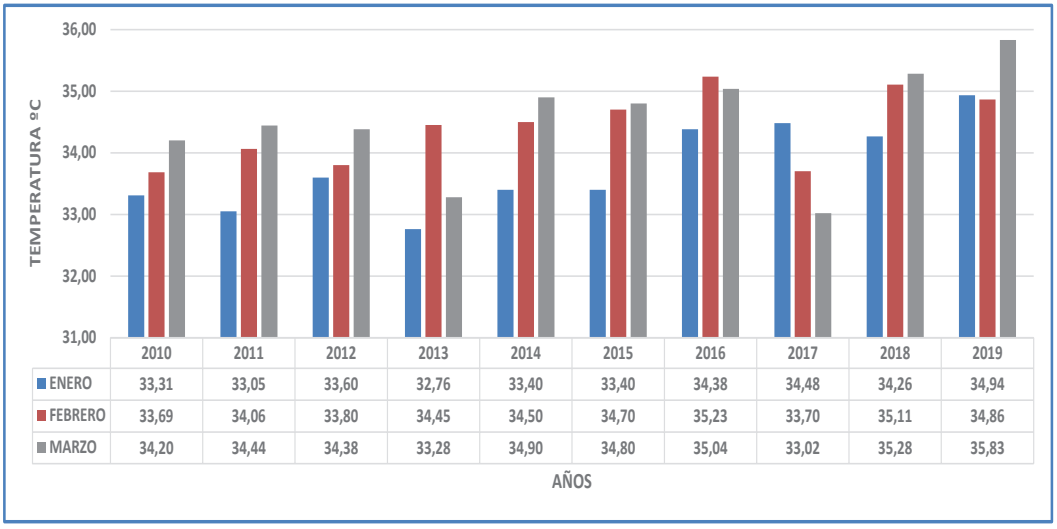
Figura 1.13. TSM en Paita versus precipitaciones en estación Miraflores de Piura, en abril 1980-2019 (r = 0.7367).



Fuente: Imarpe. Elaboración: M. Nevado

En las figuras 1.14, 1.15 y 1.16 se observa el incremento de las temperaturas máximas registradas en la estación Miraflores de Piura (Lat.5° 10' 31" S y Long. 80° 36' 05" W) durante la década 2010-2019. El análisis de los registros establece que la temperatura máxima para el mes de enero fue de 34.94 °C en el año 2019, 35.23°C en febrero del 2016, 35.83 °C en marzo 2019 y 34.28 °C en abril 2019. Así mismo entre septiembre y diciembre del período evaluado como se aprecia en la figura 1.16, se registró un incremento de 1.86 °C promedio, destacando un valor inusual de 33 °C para el mes de diciembre en los años 2018 y 2019. El análisis estima un incremento de 1.5 ºC de la temperatura máxima promedio anual en Piura durante la década 2010 – 2019.

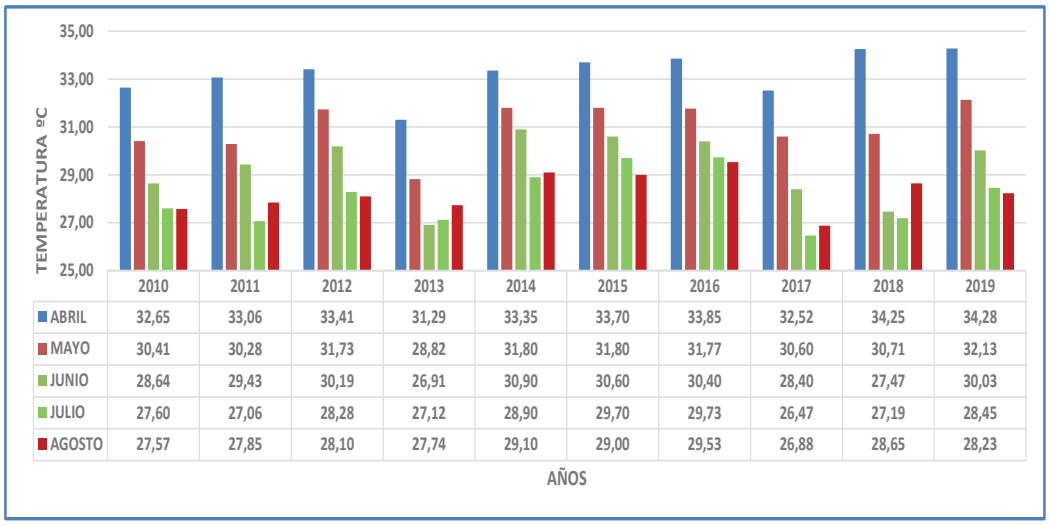
Figura 1.14. Temperaturas máximas en Piura de enero a marzo en estación Miraflores de Piura, década 2010 - 2019.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	33,31	33,05	33,60	32,76	33,40	33,40	34,38	34,48	34,26	34,94
FEBRERO	33,69	34,06	33,80	34,45	34,50	34,70	35,23	33,70	35,11	34,86
MARZO	34,20	34,44	34,38	33,28	34,90	34,80	35,04	33,02	35,28	35,83

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.15. Temperaturas máximas en Piura de abril a agosto en estación Miraflores de Piura, década 2010-2019.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ABRIL	32,65	33,06	33,41	31,29	33,35	33,70	33,85	32,52	34,25	34,28
MAYO	30,41	30,28	31,73	28,82	31,80	31,80	31,77	30,60	30,71	32,13
JUNIO	28,64	29,43	30,19	26,91	30,90	30,60	30,40	28,40	27,47	30,03
JULIO	27,60	27,06	28,28	27,12	28,90	29,70	29,73	26,47	27,19	28,45
AGOSTO	27,57	27,85	28,10	27,74	29,10	29,00	29,53	26,88	28,65	28,23

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.16. Temperaturas máximas en Piura de setiembre a diciembre en estación Miraflores de Piura, década 2010-2019**.**

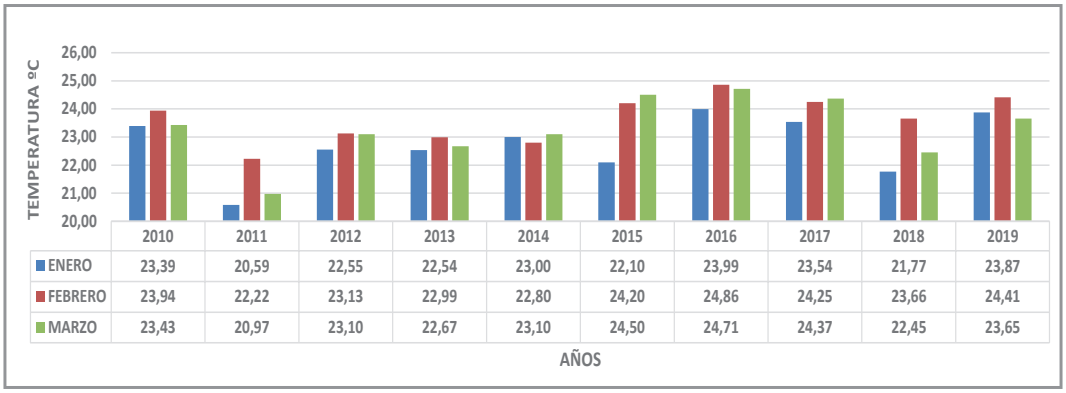


	2010	2011	2012	20113	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SETIEMBRE	27,70	29,17	29,04	28,41	29,80	30,70	30,37	28,34	29,54	29,01
OCTUBRE	28,01	29,01	28,75	28,42	30,50	30,70	30,37	28,97	29,62	29,94
NOVIEMBRE	28,71	30,72	29,79	28,99	30,20	30,79	31,59	29,07	30,85	30,56
DICIEMBRE	30,63	31,74	31,05	31,66	31,20	32,80	32,94	31,77	33,00	32,99

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado.

Analizando las temperaturas mínimas registradas en la Estación Miraflores de Piura entre los años 2010 al 2019, como se muestra en las Figuras 1.17, 1.18 y 1.19; se observa un incremento promedio de la temperatura mínima en 1.0 °C para dicha década. Los valores medios mensuales más altos se registraron en enero (23.99 °C), febrero (24.86 °C) y marzo (24.71 °C), del año 2016. También se registraron temperaturas mínimas atípicas en el año 2015 con valores de 19.80 ° C, setiembre, 20.40 °C, octubre, 20.67 °C, noviembre y 22.50 °C en diciembre.

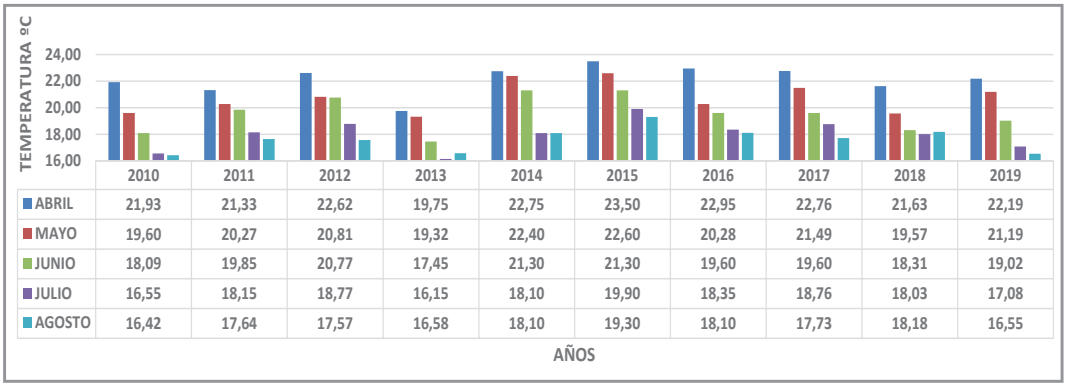
Figura 1.17. Temperaturas mínimas en Piura de enero a marzo en estación Miraflores, década 2010-2019.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	23,39	20,59	22,55	22,54	23,00	22,10	23,99	23,54	21,77	23,87
FEBRERO	23,94	22,22	23,13	22,99	22,80	24,20	24,86	24,25	23,66	24,41
MARZO	23,43	20,97	23,10	22,67	23,10	24,50	24,71	24,37	22,45	23,65

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

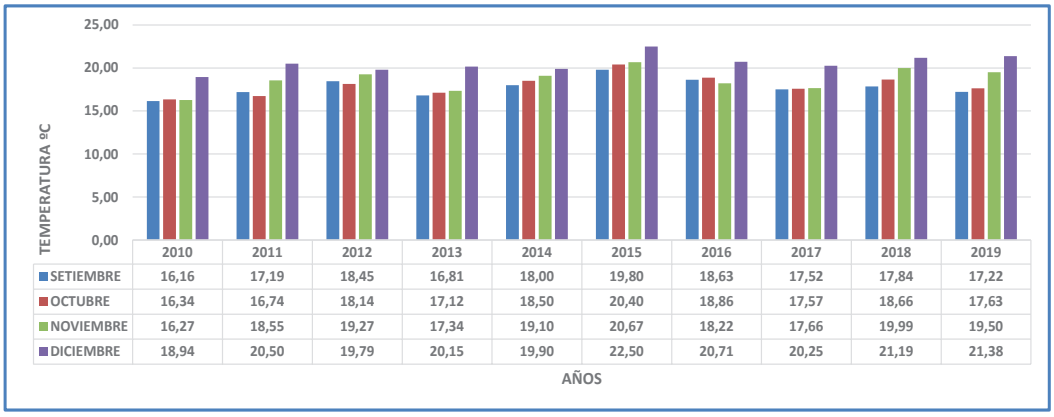
Figura 1.18. Temperaturas mínimas en Piura de abril a agosto en estación Miraflores, década 2010-2019.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ABRIL	21,93	21,33	22,62	19,75	22,75	23,50	22,95	22,76	21,63	22,19
MAYO	19,60	20,27	20,81	19,32	22,40	22,60	20,28	21,49	19,57	21,19
JUNIO	18,09	19,85	20,77	17,45	21,30	21,30	19,60	19,60	18,31	19,02
JULIO	16,55	18,15	18,77	16,15	18,10	19,90	18,35	18,76	18,03	17,08
AGOSTO	16,42	17,64	17,57	16,58	18,10	19,30	18,10	17,73	18,18	16,55

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.19. Temperaturas mínimas en Piura de setiembre a diciembre en estación Miraflores, década 2010-2019**.**

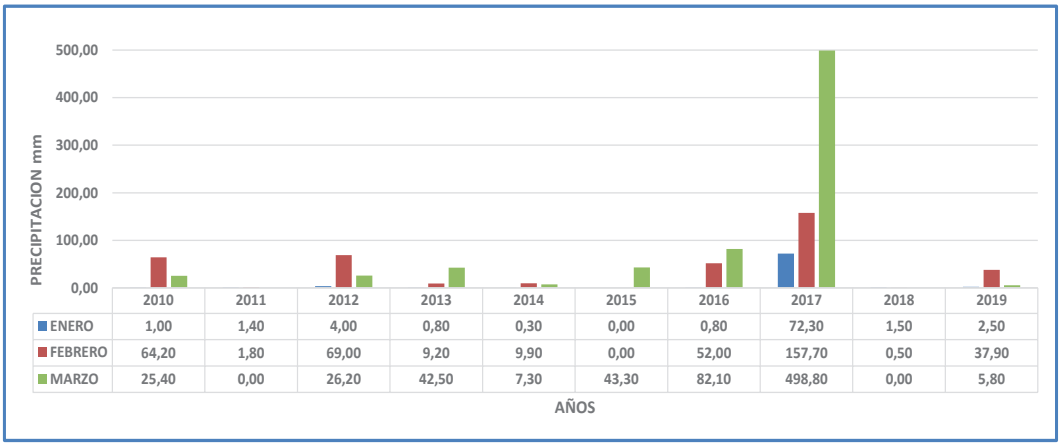


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SETIEMBRE	16,16	17,19	18,45	16,81	18,00	19,80	18,63	17,52	17,84	17,22
OCTUBRE	16,34	16,74	18,14	17,12	18,50	20,40	18,86	17,57	18,66	17,63
NOVIEMBRE	16,27	18,55	19,27	17,34	19,10	20,67	18,22	17,66	19,99	19,50
DICIEMBRE	18,94	20,50	19,79	20,15	19,90	22,50	20,71	20,25	21,19	21,38

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

En las Figuras 1.20, 1.21 y 1.22 se representan los registros de las precipitaciones en la estación Miraflores de Piura durante el período 2010-2019, notándose que las lluvias más significativas se registraron en febrero y marzo del 2017 (Niño Costero) con valores de 157.70 mm y 498.80 mm respectivamente. Otros registros en el mismo período no superan los 82.10 mm que se acumularon en marzo del 2016. El análisis de los datos históricos califica a la década 2010-2019 como período "seco".

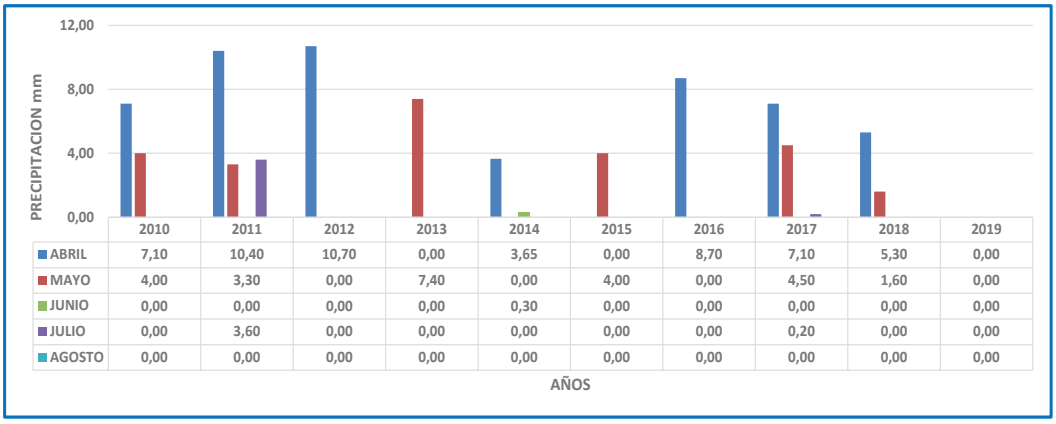
Figura 1.20. Precipitaciones en Piura de enero a marzo en estación Miraflores, década 2010–2019**.**



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	1,00	1,40	4,00	0,80	0,30	0,00	0,80	72,30	1,50	2,50
FEBRERO	64,20	1,80	69,00	9,20	9,90	0,00	52,00	157,70	0,50	37,90
MARZO	25,40	0,00	26,20	42,50	7,30	43,30	82,10	498,80	0,00	5,80

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

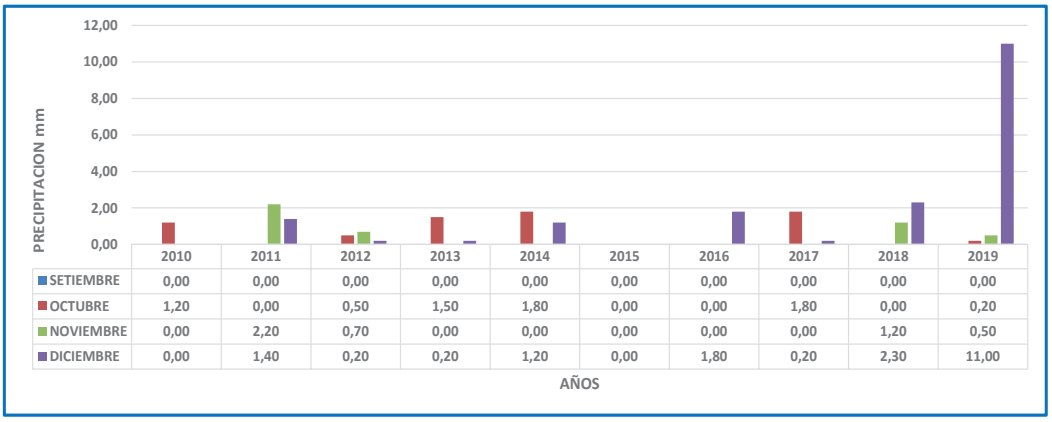
Figura 1.21. Precipitaciones en Piura de abril a agosto en estación Miraflores, década 2010-2019**.**



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ABRIL	7,10	10,40	10,70	0,00	3,65	0,00	8,70	7,10	5,30	0,00
MAYO	4,00	3,30	0,00	7,40	0,00	4,00	0,00	4,50	1,60	0,00
JUNIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

Figura 1.22. Precipitaciones en Piura de setiembre a diciembre en estación Miraflores, década 2010-2019**.**



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SETIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	1,20	0,00	0,50	1,50	1,80	0,00	0,00	1,80	0,00	0,20
NOVIEMBRE	0,00	2,20	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,50
DICIEMBRE	0,00	1,40	0,20	0,20	1,20	0,00	1,80	0,20	2,30	11,00

Fuente: SENAMHI. Elaboración: M. Nevado

El análisis de las variables temperatura y precipitación en la estación Miraflores de Piura en el decenio 2010-2019 determina que esta variabilidad es una manifestación de cambio climático cuyos efectos ya están alterando el comportamiento del ciclo hidrológico regional, como se corrobora con la disminución de los caudales de los ríos Chira y Piura en los últimos 40 años.

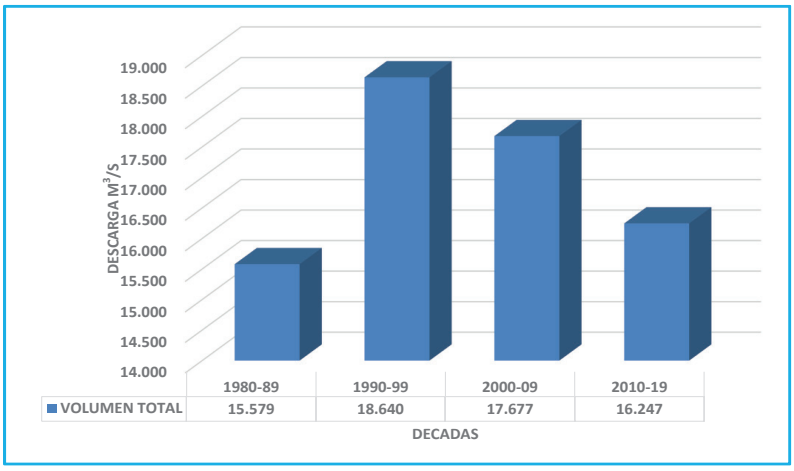
En la Tabla 1.5 y Figura 1.23, se representa las descargas medias anuales en m^3/seg por década en el río Chira (estación Ardilla: Lat. 04° 31' S, Long. 80° 26' W), de 1980 al año 2019, evidenciándose una disminución de las mismas.

Tabla 1.5. Descargas medias anuales en m^3/s por década en el río Chira (estación Ardilla), período 1980-2019.

AÑO	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
1	686.1	681.4	2,324.4	1,019.5
2	721.5	754.7	2,200.0	1,043.2
3	623.7	1,902.0	2,364.2	3,341.0
4	6,090.8	1,998.4	760.4	724.0
5	2,523.1	1,829.8	568.0	809.1
6	668.3	572.0	878.6	1,656.9
7	759.8	618.7	1,703.7	1,342.9
8	1,406.1	848.0	810.3	4,394.8
9	536.4	6,747.1	3,387.3	735.5
10	1,563.5	2,687.7	2,680.4	1,180.3
TOTAL	**15,579**	**18,640**	**17,677**	**16,247**

Fuente: PECHP. Elaboración: M. Nevado

Figura 1. 23. Descargas medias anuales en m^3/s por décadas en el río Chira (Estación Ardilla), período 1980-2019**.**



Fuente: PECHP. Elaboración: M. Nevado.

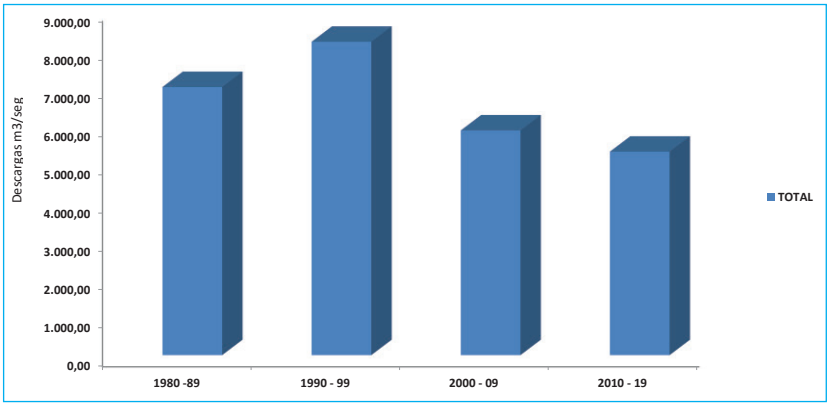
La misma tendencia se manifiesta al analizar las descargas anuales por década (m^3/s) en el río Piura (estación Puente Sánchez Cerro, Lat. 05°11'55" S, Long. 80°37'20"W) como se observa en la Tabla 1.6 y Figura 1.24.

Tabla 1.6. Descargas medias anuales en m^3/s por décadas en el río Piura (Estación Puente Sánchez Cerro), de 1980–2019**.**

AÑO	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
1	213.6	3.6	775.2	414
2	320.4	7.2	1,305.60	133.2
3	177.6	750	1,126.30	1,179.60
4	4,365.6	487.2	61.2	86.4
5	687.6	446.4	3.6	25.2
6	183.6	28.2	28.8	339.6
7	62.4	21.6	306	242.4
8	469.2	112.8	43.2	2,452.8
9	18	5,305.20	1,381.20	49.2
10	489.6	1,004.40	794.4	380.4
TOTAL	**6,987.60**	**8,167.20**	**5,856.00**	**5,302.80**

Fuente: PECHP. Elaboración: G. Marquezado, M. Ñáñez.

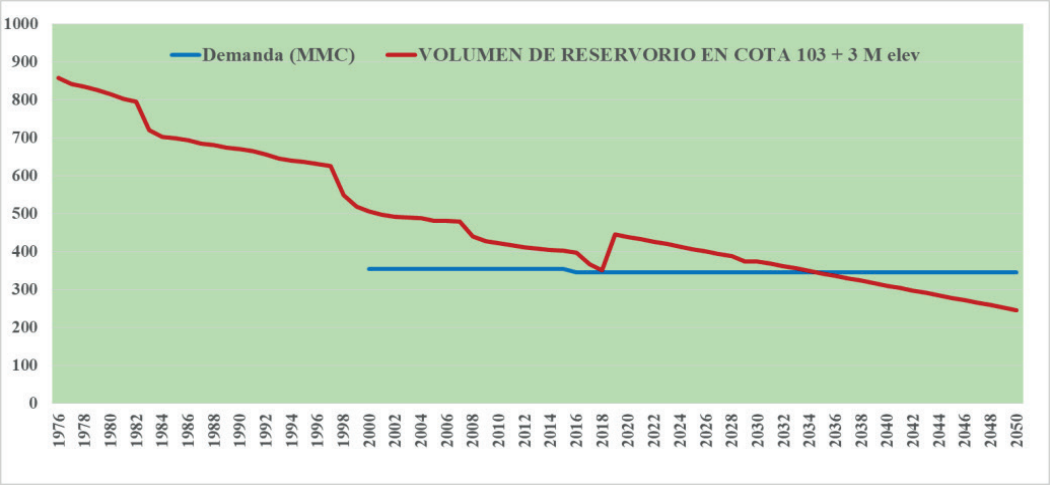
Figura 1.24. Descargas medias anuales en m3/seg por décadas en el río Piura (Estación Puente Sánchez Cerro), de 1980 – 2019**.**



Fuente: PECHP. Elaboración: G. Marquezado, M. Ñáñez

Estudios de batimetría elaborados por el PECHP en el reservorio Poechos en el año 2018 (Apéndice C), muestran una avanzada sedimentación de 533.76 MMC (60.3 % de su capacidad inicial de almacenamiento) que reduce la disponibilidad de agua para el Sistema Hidráulico Chira-Piura. Sandoval (2022), considera que a partir del año 2035 la capacidad de almacenamiento de la presa se reduciría por debajo de los 336.5 MMC del volumen útil, tal como se observa en la figura 1.25, poniendo en riesgo la seguridad hídrica, lo que generaría graves conflictos sociales por el agua.

Figura 1.25. Proyecciones del volumen útil del reservorio Poechos versus demanda de agua en base a batimetría 1976–2018



Fuente : PECHP. Elaboración : R. Sandoval.

Los trabajos de repotenciación del reservorio Poechos ejecutados en el año 2019 han permitido elevar el volumen almacenable de 365 MMC a 445.5 MMC en la cota 104.5 m s. n. m. (1.5 m sobre el nivel máximo de operación inicial), pero ante el escenario planteado en el párrafo anterior, existe incertidumbre sobre la seguridad hídrica a futuro, aun cuando existen reglas de operación que maneja el PECHP en épocas de máximas avenidas que permiten tener un mayor control del nivel de sedimentación en el reservorio, y considerando que la represa está ubicada en el cauce del río, hace que el riesgo de colmatación sea mayor (Sandoval, 2022).

El reservorio San Lorenzo tiene un menor grado de afectación y una capacidad de almacenamiento disponible de 75.8 % (195.6 MMC) al año 2015, a pesar de haber

superado su vida útil (inició su funcionamiento en el año 1959 con una capacidad inicial de almacenamiento de 258 MMC).

1.5. Conclusiones

- Se demuestra que la hidrología regional alterna períodos irregulares de lluvias intensas y sequías prolongadas en la zona costera principalmente por efecto de los fenómenos El Niño y La Niña, cuyos valores extremos ya están siendo influenciados por el cambio climático.
- La relación de la TSM en Paita con las temperaturas y precipitaciones en dos estaciones hidrometeorológicas (Miraflores en Piura y El Ciruelo en Ayabaca) es estadísticamente significativa, lo que supone la existencia de un potencial predictivo para prever y anticipar la ocurrencia de lluvias en la costa (hasta los 250 m s. n. m., según análisis preliminar). Existen además otros fenómenos climáticos como las lluvias orográficas o de relieve y el trasvase de frentes húmedos provenientes de la vertiente amazónica que contribuyen a caracterizar la hidrología regional.
- Las temperaturas máximas y mínimas registradas en la Estación Miraflores de Piura, en la década 2010-2019, se han incrementado en 1.5 ºC y 1.0 ºC en promedio respectivamente, tendencias semejantes al patrón del clima global, constituyéndose en evidencias de alteración del clima en Piura con influencia en el comportamiento del ciclo hidrológico regional.
- Las lluvias en Piura en el último decenio han disminuido en intensidad y frecuencia, excepto las ocurridas en el primer trimestre del año 2017 (fenómeno del Niño Costero), afectando el normal desarrollo de la actividad agrícola, por lo que puede ser calificado como período seco.
- Los páramos y los bosques de protección guardan relación directa con el ciclo del agua (actúan como almacenadores y reguladores del agua). La vulnerabilidad de estos ecosistemas debido a la tala, cambio de uso de suelos y el cambio climático, reducen el caudal de los ríos y en períodos de grandes avenidas ocasiona deslaves con arrastre de sedimentos, siendo la causa principal de pérdida de capacidad hídrica de los reservorios Poechos y San Lorenzo.
- Los registros de descargas de los ríos Chira y Piura en el período 1980- 2019, muestran una reducción de sus caudales atribuidos a perturbaciones climáticas que alteran el ciclo hidrológico y que están asociadas al cambio climático.

- No se ha podido obtener información actualizada de las reservas de agua en los acuíferos subterráneos, la información más confiable de 743 MMC corresponde al año 2007. La recarga de estos acuíferos también es afectada por la ausencia de lluvias.
- A pesar de haber sido repotenciado el reservorio Poechos el año 2019, la continua sedimentación afectará su vida útil, y no garantiza la seguridad hídrica a futuro por pérdida de capacidad del embalse que disminuiría por debajo de los 336.5 MMC desde mediados de 2030.
- El análisis de los PADH en el Sector Hidráulico Mayor Chira-Piura durante las campañas agrícolas 2012/2013 a la 2019/2020, muestra que se cubrieron las demandas multisectoriales, sin embargo, en la práctica se presentaron períodos críticos en el sector agrícola por insuficiencia de agua para la segunda campaña, y el problema se debería a una deficiente gestión del recurso hídrico más que a su disponibilidad.
- Los Operadores de los Sistemas Hidráulicos no están tomando medidas adecuadas para hacer frente a la escasez de agua. Si no se mejora la eficiencia y productividad del agua, su demanda se verá afectada en los próximos años, generando escenarios de crisis hídrica que demandará reajustes en los planes de siembras.
- El sistema de riego tradicional por inundación en los valles agrícolas de Piura tiene una eficiencia que promedia el 36 %.
- La superficie sembrada en los valles agrícolas de la Región Piura se ha incrementado en un 80 % (113,353 ha) desde la campaña agrícola 2000/2001 con la consiguiente mayor demanda de agua.
- En los últimos 20 años se han incorporado 32 656 ha de nuevas tierras de uso agrícola, destinadas principalmente para cultivos de exportación con riego tecnificado en el área de influencia del Sistema Chira-Piura.
- Al año 2021 en los valles agrícolas de Piura, 27 408.44 ha cuentan con riego tecnificado, de las cuales, el 85 % usa el método de riego por goteo; siendo los valles del Chira y del Medio y Bajo Piura los que más han implementado estas técnicas de riego mejorado.
- En el año 2018 se reportan cifras alarmantes de deforestación (667 000 ha) en Piura, siendo las provincias de Ayabaca y Huancabamba las más afectadas.

- Las tarifas que se aplican por consumo de agua con fines agrícolas son insuficientes y no tienen mayor impacto en los costos de producción, es decir, que el agua como insumo vital tiene un valor nominal lo cual contribuye a su desperdicio no cubriendo financieramente los planes operativos de mantenimiento de los sistemas de riego y de drenaje. Los usuarios en su mayoría son renuentes al incremento de las tarifas.
- Al año 2015 más del 26 % de las tierras bajo riego estaban afectadas por problemas de salinidad y drenaje de diferente gravedad.
- No se conocen estudios que prueben las reales necesidades de agua de los cultivos en Piura, tampoco se conoce el volumen de agua que realmente es entregado al usuario en cabecera de predio.
- Estudios preliminares han demostrado que el acuífero confinado El Zapallal tiene reservas de agua almacenadas a presión en toda su extensión estimadas entre 30 a 40 MMC que pueden contribuir al afianzamiento hídrico de la región.

1.6. Recomendaciones

- Las series históricas de datos de las variables climáticas e hidrológicas consideradas para estimar las disponibilidades hídricas, así como para el diseño e inversión en nuevas obras de infraestructura hidráulica en la región no serían suficientes, debiendo ser mejoradas con modelos predictivos que aseguren mayor confiabilidad.
- Considerar en futuros proyectos hidráulicos el manejo integrado de la protección de las cuencas para evitar repetir la experiencia de la represa Poechos.
- Garantizar el agua es tarea de todos, siendo prioritario la protección de los páramos con acciones que involucren la participación de los actores en su entorno medioambiental, usuarios del agua, gobiernos locales y regional.
- Evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas andinos frente a procesos de cambio climático, mejora en la dinámica de uso de los suelos; su recuperación, protección y manejo, constituyen líneas de investigación prioritarias.
- Desarrollar programas de forestación y reforestación para mitigar los efectos del cambio climático.

- El agua debe ser considerada como un recurso que conecta diferentes esferas de la vida por su uso en el medio rural y urbano, siendo de importancia su real valoración, distribución y reglas de uso que nos permitan entender el ciclo del agua como un ciclo hidrosocial en el que se conjugan los componentes físicos, sociales, económicos, políticos y culturales.
- Las tarifas de agua para riego tienen que establecerse con el mismo criterio con que se fijan los precios para otros bienes y servicios en la estructura de costos de producción agrícola. El precio del agua debe ser adecuado a fin de lograr su sostenibilidad.
- La valoración y adecuada gestión del agua harán posible adaptarnos a la crisis climática, ello requiere de cambios drásticos en el manejo del agua con dotaciones inferiores a las que las plantas necesitan, sin comprometer su crecimiento, producción y calidad de las cosechas.
- Evaluar periódicamente los calendarios de siembra a fin de detectar alteraciones durante su ejecución que permitiría reajustar los planes de riego evitando pérdidas innecesarias.
- La eficiencia del uso del agua es la mejor solución para optimizar su aprovechamiento y debe ser la preocupación principal de todo sistema de riego.
- Actualizar periódicamente los módulos y coeficientes de riego para ajustar el consumo de agua de los cultivos, a fin de mitigar períodos críticos en situaciones de escasez de agua.
- La reconversión del riego tradicional a sistemas de riego presurizados contribuirá a reducir el consumo de agua y mejorar su eficiencia; mientras tanto, las prácticas de riego actuales tienen que ser eficientes para reducir laminaciones en exceso y pérdidas de agua innecesarias.
- La construcción de pequeños reservorios en los predios agrícolas contribuye a regular la eficiencia del agua de riego y favorece el desarrollo de actividades acuícolas.
- El Gobierno Regional de Piura debe considerar dentro de sus prioridades mejorar la gestión de los recursos hídricos, construcción de nuevos trasvases, represamientos, medidas para atenuar inundaciones y sequías y tomar decisiones urgentes para recuperar el volumen de almacenamiento de agua perdido en el reservorio Poechos mediante la construcción de reservorios satélites, para mitigar riesgos a la actividad agropecuaria y económica regional.

- Actualizar el inventario de las reservas de agua del acuífero subterráneo en Piura para su aprovechamiento haciendo uso de la energía del sistema interconectado de la red eléctrica nacional (energía limpia), lo cual reduciría sus costos de extracción.
- Continuar los estudios del acuífero confinado El Zapallal para determinar con mayor grado de certeza la fuente de recarga y su magnitud para incorporar esta provisión de agua al afianzamiento hídrico de la región.
- El Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura (CRHCCHP), tiene que asumir mayor protagonismo en la gestión integral de los recursos hídricos para lograr su uso sostenible, toda vez que en escenarios de crisis de agua se pueden complicar los procesos de solución.
- Las Juntas de Usuarios tienen que mejorar y consolidar sus experiencias a fin de lograr su autonomía y capacidad de gestión para un eficiente manejo del agua.
- Las universidades, colegios profesionales e institutos privados de investigación agrícola y la DRAP deben participar en los procesos de investigación y difusión de las nuevas tecnologías de riego para lograr mejores niveles de eficiencia y productividad del agua.
- Es de importancia contar con estudios sobre la calidad de las aguas de los ríos de la región, debido a las descargas de aguas residuales de actividades domésticas, mineras, hospitalarias e industriales vertidas sin planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) o tratamiento deficiente, así como conocer el número de PTAR en todas las cuencas de la región.
- Considerando que existe un acuerdo binacional para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas transfronterizas entre Perú y Ecuador (Convenio Internacional publicado en el diario oficial El Peruano 08/5/22) con enfoque a su adaptación al cambio climático, se tiene que promover la participación de las instituciones públicas y privadas así como de organizaciones de usuarios del agua, para la ejecución de programas de proyectos de inversión destinados a la recuperación y mejora de la calidad del recurso hídrico para sus diferente usos, así como establecer una estrategia común para la protección de las cuencas binacionales, en este caso, para la cuenca transfronteriza Catamayo-Chira, que considere su conservación, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas terrestres y de agua dulce para una gestión integral que contribuya a mejorar las condiciones de vida de las poblaciones transfronterizas.

REFERENCIAS

Aemet. (2014). *Agencia Estatal Meteorológica*. *Manual de uso de términos meteorológicos*, 2. España.

Ana-Aaa-Jz-V. (2012-2019). *Resoluciones administrativas para la aprobación de los Padh durante las campañas agrícolas 2012/13 – 2019/20 en el sistema Chira-Piura.* Piura-Perú.

Andean Forests. (s/f). *Bosques andinos.* Obtenido de Amenazas y soluciones. Proteger los bosques andinos/ La conversión de ecosistemas para usos agrícolas: https://Andeanforests.Org/Amenazas-Soluciones

Andina. (26 de junio de 2016). *Piura: cuatro áreas se conservación privada recibirán reconocimiento*. Obtenido de https://Andina.Pe/Agencia/Noticia-Piura-Cuatro-Areas-Conservacion-Privada-Recibiran-Reconocimiento-618787.Aspx

Áreas de conservacion protegidas municipalidad de Ayabaca. (2020). Obtenido de https://Www.Minam.Gob.Pe/Notas-De-Prensa/Recientes-Areas-De-Conservacion-Reconocidas-Seguiran-Con-Acompanamiento-Del-Estado/.

Bolzicco, J. García J, O. R. (s/f). *Investigaciones hidrogeológicas acuífero El Zapallal (Perú).* Lima-Perú.

Cabrejos, C. (2011). *Actualización del mapa regional del Sector Agrario En Piura.* Pág. 21. Piura - Perú.

Chira-Piura. (2015). *Estudio actualización se módulos y coeficientes de riego en los valles de Chira y Piura, por el Método Combinado Penman-Monteith.* Pág. 2,18,19. Piura, Piura-Perú.

Conam. (2006). *El cambio climático: impactos y oportunidades para Piura-Cambio Climático en el norte del Perú.* Lima-Perú.

Correa y Suárez. (2020). *Economía, fen y recursos hídricos en Piura (Power Point), Diapositivas 6.* Piura-Perú.

DRAP. (2022). *Serie histórica de los principales cultivos durante las campañas agrícolas 1986/1987-2021/2022.* Piura-Perú.

Graciano Da Silva, J. (19-21 de enero de 2017). *FAO reitera exhortación a una mejor gestión del agua*. Obtenido de Foro Global Para La Alimentación y La Agricultura: https://Www.Fao.Org/News/Story/Es/Item/463803/Icode/

Guterres, A. (14 de enero de 2021). *(ONU) Portal de las Naciones Unidas*. Obtenido de Cambio Climático y Medioambiente: https://News.Un.Org/Es/Story/2021/01/1486552

Hernández y Zambrano. (2009). *Relación entre la temperatura superficial del mar del océano Pacífico Oriental y las precipitaciones en la costa cel Ecuador durante 1981-2016*.

Obtenido de Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 15, Nº 1, 2009: Https://Www.Inocar.Mil.Ec/Web/Phocadownloadpap/Actas_Oceanograficas/Acta15/Oce1501_1.Pdf

Llontop, J. (2013). *Impacto del cambio climático, medidas de adaptación para la conservación del Bosque seco y sostenibilidad de la cadena de valor de derivados de algarrobo en la región Piura.* Pág.126. Piura-Perú.

Martinez y Patiño. (Enero-marzo de 2012). *Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Pag.1*. Obtenido de *Ciencias del Agua* Vol. III, Núm. 1: http://Www.Scielo.Org.Mx/Pdf/Tca/V3n1/V3n1a1.Pdf

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2009). *El cambio climático afecta los recursos hídricos*. Obtenido de https://Www.Ambiente.Gob.Ec/

Otivo, J. (6 de agosto de 2018). *Deforestación en Piura: 667 mil ha se han perdido en Los últimos 20 años*. Infomercado Noticias.

Paiva, J. (2017). *Relación entre consumo de agua y requerimientos hídricos de los cultivos predominantes en Piura.* Fórum: Efectos del Cambio Climático En La Agricultura de Piura. Piura, Perú.

PECHP. (2021). *Estudio de alternativas para recuperación de volúmenes perdidos en reservorio Poechos.* Piura-Perú.

Rodríguez, R. (2019). *Diagnóstico climático para la Costa norte del Perú durante la campaña 2019-2020.* Piura-Perú: Universidad de Piura.

Saldarriaga, H. (Octubre de 2017). *Costo y régimen económico del agua para riego agrícola y otros usos en la agricultura de Piura*. Fórum: Efectos del Cambio Climático En La Agricultura de Piura.

Sandoval. (10 de agosto de 2022). *Análisis del comportamiento hidrológico del sistema Chira-Piura*. (Marquezado, Entrevistador) Piura-Perú.

Schulz N., A. C. (2012). *Vulnerabilidad de la producción agrícola y la agrobiodiversidad frente al cambio climático en la Región Costera del departamento de Piura.* Pág. 2. Piura.

Senamhi. (2004). *Caracterización climática cuenca del río Piura.* Lima-Perú: Dirección De Climatología Del Senamhi.

Senamhi. (2008). *Evaluación de indicadores de cambio y variabilidad climática en la Región Piura.* Piura-Perú.

Siar. (31 de diciembre de 2021). (Sistema de Información Ambiental Regional) Obtenido de http://Siar.Regionpiura.Gob.Pe/Noticias/328.

Siar. (31 de diciembre de 2021). *Ayabaca crea nueva área de conservación ambiental para proteger sus páramos*.

Tadeo, E. (2020). *Participación de los actores del Sistema Nacional de Recursos Hídricos en la planificación del agua en la cuenca del Chira-Piura.* Pág. 29. Piura-Perú: PECHP.

Tobón, C. (2009). *Los bosques andinos y el agua. Serie Investigación y Sistematización* No. 4. Quito-Ecuador: Programa Regional Ecobona-Intercooperation, Condesan.

Torres, F. (2018). *Conservación de los páramos andinos, un sistema territorial de innovación en el Norte*. Págs.1 y 2.

Torres, M. (2006). *El valor económico del agua de riego. Pág. 2.* Lima-Perú.

Universidad De Piura. (2016). *Levantamiento topográfico y batimétrico del reservorio de San Lorenzo.* Piura-Perú.

Velásquez y Contreras. (2013). *Evaluación de la sedimentación del reservorio de San Lorenzo y su comportamiento en la capacidad de almacenamiento cumplidos los 50 años de vida útil.* Pág. 79.

Viñas, P. (11 de agosto, 2022). Resumen del estado del ecosistema Páramo en la Región Piura. (G. Marquezado, entrevistador). Piura-Perú.

Viñas, P. (2014). *Modelación del rol del páramo en la hidrología, bajo un escenario de cambio climático (Subcuenca Quiroz-Chipillico).* Piura-Perú.

Zegarra y Quezada. (2006). *Nuevo esquema de fijación de tarifas por el uso de agua superficial con fines agrarios.* Lima-Perú.

ANEXOS

Acrónimos

AACHCHP	:	Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira–Piura
ACA	:	Áreas de conservación ambiental
ACP	:	Área de conservación privada
AEMET	:	Agencia Estatal de Meteorología de España
ALA	:	Autoridad Local del Agua
ANA	:	Autoridad Nacional del Agua
ANA-AAA-JZ-V	:	Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque/Zarumilla
CH_4	:	Gas metano
CONAM	:	Consejo Nacional del Ambiente
CRHCCHP	:	Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura
DRAP	:	Dirección Regional de Agricultura de Piura
FAO	:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAQCH	:	Fondo del Agua Quiroz-Chira
FORASAN	:	Fondo Regional del Agua-Piura
ha	:	hectárea
IMARPE	:	Instituto del Mar del Perú
km^2	:	Kilómetro cuadrado
LAT	:	Distancia en grados, minutos y segundos con respecto al paralelo Principal que es Ecuador (0^o)
LONG	:	Distancia en grados, minutos y segundos con respecto al meridiano Principal que es Greenwich (0^o)
MERESE	:	Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos
MINAM	:	Ministerio del Ambiente
MMC	:	Millones de Metros Cúbicos
m^3	:	metros cúbicos
m^3/s	:	metros cúbicos por segundo
msnm	:	metros sobre el nivel del mar
NCI	:	Naturaleza y Cultura Internacional
OEA	:	Organización de Estados Americanos
ONU	:	Organización de las Naciones Unidas
PADH	:	Planes de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas
PCR	:	Planes de Cultivo y Riego
PECHP	:	Proyecto Especial Chira Piura
PEIHAP	:	Proyecto Especial Hidroenergético del Alto Piura

PTAR : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SERFOR : Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SIAR : Sistema de información ambiental Regional
s/f : sin fecha
TSM : Temperatura Superficial del Mar
UDEP : Universidad de Piura
°C : Grados centígrado

Apéndice

Apéndice A

ÁREAS SEMBRADAS (ha) POR CAMPAÑAS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN PIURA. PERÍODO 2000/2001-2020/2021

CAMPAÑA AGRICOLA	CULTIVOS PERMANENTES	CULTIVOS SEMI PERMANENTES	CULTIVOS TRANSITORIOS	TOTAL
2000/2001	31,772	18,444	99,100	141,316
2001/2002	32,704	10,659	100,085	143,448
2002/2003	34,856	18,702	105,559	159,117
2003/2004	34,765	19,472	101,520	155,757
2004/2005	34,915	19,476	116,108	170,499
2005/2006	37,223	22,510	131,654	191,387
2006/2007	40,962	21,714	124,367	187,043
2007/2008	41,525	21,848	134,035	197,408
2008/2009	42,601	26,979	138,685	208,265
2009/2010	45,382	28,063	140,257	213,702
2010/2011	45,394	30,851	129,209	205,454
2011/2012	46,921	37,817	146,056	230,794
2012/2013	53,025	36,684	138,548	228,257
2013/2014	54,986	52,919	110,251	218,149
2014/2015	s/d	s/d	s/d	s/d
2015/2016	55,643	54,387	136,400	246,430
2016/2017	56,823	52,584	132,259	241,666
2017/2018	64,007	54,141	129,374	247,522
2018/2019	65,896	55,476	114,386	235,758
2019/2020	67,311	60,457	91,268	219,036
2020/2021	67,837	61,054	125,778	254,669

Fuente: DRAP. Elaboración: G. Marquezado

Apéndice B

ÁREAS SEMBRADAS EN LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2020-2021 REGIÓN PIURA: 254,669 ha

CULTIVOS PERMANENTES	67,837	CULTIVOS TRANSITORIOS	125,778
• Chirimoya	480	• Arroz cáscara	53,464
• Cocotero	106	• Cebada grano	396
• Limón ácido	17,782	• Maíz amarillo duro	17,375
• Lúcuma	148	• Maíz amiláceo	15,436
• Mango	28,610	• Trigo	10,540
• Naranjo	506	• Melón	59
• Palto	847	• Sandía	610
• Tamarindo	207	• Ají piquillo	732
• Vid (Uva)	8,676	• Ají paprika	585
• Cacao	1,535	• Ajo	161
• Café	8,681	• Cebolla	297
C. SEMI PERMANENTES	61,054	• Maíz choclo	130
• Maracuyá	425	• Tomate	184
• Granadilla	956	• Zanahoria	168
• Papaya	183	• Arveja grano seco	4,392
• Plátano convencional	6,408	• Arveja grano verde	609
• Plátano orgánico	9,971	• Frijol grano seco	6,212
• Arándanos	882	• Frijol castilla	7,026
• Pitajaya	25	• Frijol palo	59
• Tuna	39	• Haba grano seco	648
• Caña azúcar (alcohol)	4,899	• Camote	672
• Caña azúcar (etanol)	18,617	• Oca	498
• Alfalfa	266	• Olluco	403
• Pasto elefante	4,431	• Papa	2,686
• Gramalote	12,207	• Yuca	942
• Ray grass	347	• Algodón Pima	701
• Pasto castilla	1,398	• Maní	422
-.-	-.-	• Sorgo escobero	30
-.-	-.-	• Marigold	10
-.-	-.-	• Soya	331

Fuente: DRAP. Elaboración: G. Marquezado

Apéndice C

BATIMETRÍA RESERVORIO POECHOS: 1976–2018 PROYECTO CHIRA - PIURA

AÑO	CAUDAL DE APORTE (MMC) ANUAL	ACUMULADO	SEDIMENTO EN EL PERÍODO (MMC)	BATIMETRÍA	SEDIMENTO (MMC) ANUAL	ACUMULADO
1976	5,323.0	5,323.0			26.60	26.6
1977	3,473.0	8,796.0			17.30	43.9
1978	1,488.0	10,284.0			7.40	51.3
1979	1,629.0	11,913.0	59.40	B.1	8.10	59.4
1980	1,800.0	13,713.0			11.00	70.4
1981	1,902.0	15,615.0	22.70	B.2	11.70	82.1
1982	1,642	17,257.0			7.70	89.8
1983	15,930.0	33,187.0	82.70	B.3	75.00	164.8
1984	6,594.0	39,781.0			17.00	181.8
1985	1,752.0	41,533.0			4.50	186.3
1986	1,981.0	43,514.0			5.10	191.4
1987	3,677.0	47,191.0	36.10	B.4	9.50	200.9
1988	1,402.0	48,593.0			2.80	203.7
1989	4,070.0	52,633.0			8.20	211.9
1990	1,780.0	54,443.0			3.60	215.5
1991	1,979.0	56,422.0	18.60	B.5	4.00	219.5
1992	4,993.0	61,415.0			9.80	229.3
1993	5,250.0	66,665.0			9.50	238.8
1994	4,751.0	71,416.0	24.70	B.6	5.40	244.2
1995	1,494.1	72,910.1			4.50	248.7
1996	1,631.1	74,541.2			4.80	253.5
1997	2,239.9	76,781.1	15.60	B.7	6.30	259.8
1998	17,556.0	94,337.1	75.90	B.8	75.90	335.7
1999	7,017.4	101,354.5	31.30	B.9	31.30	367.0
2000	6,114.0	107,468.5	12.00	B.10	12.00	379.0
2001	5,785.0	113,253.5	8.00	B.11	8.00	387.0
2002	6,211.0	119,464.5	6.50	B.12	6.50	393.5
2003	1,992.0	121,456.5	1.50	B.13	1.50	395.0
2004	1,495.7	122,952.2	2.26	B.14	2.26	397.3
2005	2,300.9	125,253.1	0.26	B.15	0.26	397.5
2006	4,421.2	129,674.3	5.35	B.16	5.35	402.9
2007	2,125.7	131,800.0	3.45	B.17	3.45	406.32
2008	8,867.6	140,667.6	37.63	B.18	37.63	443.95
2009	6,982.7	147,650.3	12.65	B.19	12.65	456.60
2010	2,657.3	150,307.6	5.80	B.20	5.80	462.40
2011	2,707.6	153,015.2	4.80	B.21	4.80	467.20
2012	8,698.3	161,713.5	6.41	B.22	6.41	473.61
2013	1,894.6	163,608.1	4.04	B.23	4.04	477.65
2014	2,136.6	165,744.6	1.83	B.24	1.83	479.48
2015	4,362.0	170,106.7	2.81	B.25	2.81	482.29
2016	3,543.8	173,650.4	5.74	B.26	5.74	488.03
2017	11,525.5	185,175.9	29.13	B.27	29.13	517.16
2018	1,918.2	187,094.1	16.60	B.28	16.60	533.76
TOTAL	**187,094.1**		**533.76**			

Fuente y Elaboración: PECHP.

2. Diagnóstico de los impactos del cambio climático en el recurso suelo, Región Piura

José Remigio Argüello

2.1. Introducción

El sector agrícola en la Región Piura (período 1990–2023), es uno de los más afectados por los impactos del cambio climático. Es importante cuantificar dichos efectos en las relaciones agua, suelo, planta, atmósfera, y en el equilibrio de los procesos que ocurren en dichos subsistemas, los cuales vienen sufriendo alteraciones, con incidencia significativa en el rendimiento potencial de las especies cultivadas.

El suelo es un recurso no renovable, la presión sobre la oferta ambiental de este recurso, como el cambio de uso de la tierra, incrementa los impactos del cambio climático, afectando significativamente. Los efectos se observan en la aceleración de procesos naturales, que afectan la capacidad de almacenamiento de carbono, la erosión, la salinización, el balance hídrico y la biodiversidad en el suelo, lo cual disminuye su potencial productivo, como fuente de energía y alimentos para la humanidad. FAO-PNUMA-UNESCO (1990).

Las tendencias del régimen térmico en escenarios de cambio climático, en la región Piura, indican un incremento tanto en las temperaturas mínimas como en las máximas SENAMHI (2020), el efecto directo en el suelo es la aceleración de los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica, lo cual disminuye su capacidad de almacenamiento de carbono, Fassbender (1975). De igual forma, la temperatura es un factor determinante en el proceso de evapotranspiración, que incide en el balance hídrico del suelo y en la aceleración de la salinización de los suelos agrícolas (Lapeyre, 2017; Pulido, 2016).

La variación del régimen de precipitación, que genera una mayor recurrencia de períodos de sequía prolongada y eventos de altas precipitaciones en la Región Piura, genera mayores niveles de erosión en las colinas y montañas, en las cuencas altas de las provincias de Ayabaca, Huancabamba y Morropón (SENAMHI, 2017). Ello agrava los procesos de sedimentación en zonas bajas, en especial en la infraestructura de riego,

como las represas de Poechos y San Lorenzo (Junes, 2013); al igual que en los cauces de ríos y quebradas. Otro impacto significativo, es la inundación y erosión ribereña de los suelos en las cuencas bajas del río Piura y río Chira. Todo ello integrado como impactos del cambio climático, genera una disminución del potencial productivo de los suelos.

Actualmente, no se cuenta con investigaciones sostenidas en el tiempo que proporcionen información cuantitativa de los impactos del cambio climático, sobre el recurso suelo en la Región Piura, pero se tiene evidencias puntuales de dichos efectos, las cuales se han tomado como ejemplo de casos, para sustentar desde el punto de vista técnico la cuantificación de la problemática generada.

Para el diagnóstico del impacto climático en los suelos de Piura, se ha realizado una investigación exploratoria en cinco fases: Inventario de los suelos de la Región Piura, identificación de indicadores de impacto en el suelo, selección de variables climáticas generadoras de impacto, evaluación de los impactos y valoración del potencial productivo del suelo. Finalmente, es necesario complementar el diagnóstico con las recomendaciones necesarias, como punto de partida, para el establecimiento de medidas de adaptación y mitigación, que permitan enfrentar los impactos del cambio climático.

2.2. Planteamiento del problema

2.2.1. Determinación del problema

El cambio climático global comprende una sucesión creciente de eventos meteorológicos que influyen en el funcionamiento de los sistemas naturales, en las relaciones de equilibrio entre el suelo, el agua, las plantas y la atmósfera; se producen variaciones en la productividad y fuentes de alimentos, en la biodiversidad, y en la calidad de vida del ser humano (Yepes y Silveira, 2011).

Existe un creciente interés, por entender los procesos que producen el cambio climático global y su influencia, en la dinámica del ciclo de carbono en los ecosistemas naturales, las plantas son fundamentales en el balance global del CO_2, por su capacidad de absorción mediante la fotosíntesis, secuestrar y transformarlo en compuestos orgánicos. Un porcentaje significativo de Carbono secuestrado, es almacenado en el suelo el cual es considerado un sumidero por excelencia.

El contenido de CO_2 del ambiente ha aumentado a un ritmo constante durante el siglo pasado. En 1985, ya era un tema de gran preocupación debido al posible calentamiento de la superficie de la tierra, por el llamado efecto invernadero. Se pronosticaba aumentos de la temperatura global de 2 a 3 °C para principios del siguiente siglo, teniendo en cuenta la duplicación del contenido de CO_2 en la atmósfera. Desde aquel año, ya se vislumbraba el temor por el aumento del calentamiento climático y su efecto calamitoso, el cual debía ser enfrentado (Stevenson, 1985).

El Protocolo de Kyoto validó el potencial de los bosques y de las plantas para secuestrar carbono mediante la fotosíntesis y la producción de compuestos de carbono (ONU, 1998). Estos procesos naturales están dentro de un conjunto de medidas sectoriales ambientalmente efectivas propuestas por el IPCC, en el año 2007 (Solomon, *et al.*, 2007).

De acuerdo con las investigaciones desarrolladas en la Región Piura, por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en el año 2005, las condiciones ambientales de las últimas décadas, como producto del cambio climático, refieren el aumento de concentraciones de CO_2 y la interacción con otros gases de efecto invernadero, como el ozono (O_3) y el metano (CH_4), aumento de la temperatura media y la modificación de los patrones de precipitación. Las condiciones adversas inciden significativamente en un conjunto de factores de estrés. El comportamiento de las plantas y su relación con las condiciones atmosféricas, el suelo y el agua, deben ser investigadas, para conocer sus respuestas en estas condiciones, teniendo en cuenta su importancia en la mitigación y su potencial para fijar y secuestrar el CO_2.

La desertificación, en la cual está inmersa gran parte de la Región Piura, se define en la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación (CLD), como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Según esta Convención, en cuanto al ámbito geográfico, las zonas susceptibles de sufrir desertificación son las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (es decir, aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65). Así, de acuerdo a la definición establecida, amplias zonas de la Región Piura, se encuentran potencialmente afectadas por el proceso de desertificación. En Piura más del 60 % del territorio regional pertenece a las categorías de áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. De acuerdo con el estudio de ZEE para la Región Piura, se cuenta con 172 712.44 hectáreas en proceso de desertificación, tal como se muestra en la Tabla 2.1. GRP (2010).

Tabla 2.1. Zonas de desertificación en la Región Piura.

	Zona por desertificación	Área (ha)
1	Zonas de desertificación por erosión hídrica	58,095.02
2	Zonas de desertificación por mal drenaje	1,755.30
3	Zonas de desertificación por procesos de salinización y sodificación	112,862.12
	Total (ha)	172,712.44

Fuente: Adaptado de GRP (2010).

En la Región Piura, hasta la fecha, no hay un diagnóstico integral de los efectos del cambio climático en el suelo; visto como un recurso natural no renovable, componente del ecosistema y transversal a todas las actividades económicas. El suelo es un recurso natural esencial, para la producción de un volumen significativo de alimentos, destinados a satisfacer la demanda regional y nacional, así como para la exportación.

Por ello es importante enfatizar sobre todos los efectos del cambio climático en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual se va a traducir en indicadores que finalmente inciden en el potencial productivo del mismo. La aceleración sobre la pérdida física de la capa superficial del suelo, en suelos de ladera, cuyo impacto directo es la pérdida de la fertilidad natural y la disminución de la vida útil de las presas, por efecto de la sedimentación. El efecto sobre parámetros químicos como la reacción del suelo (pH), capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica (salinidad), la acumulación de materia orgánica, como sumidero de carbono. La disminución del área de humedales en las zonas altas, sobre los 3000 m s. n. m., lo que disminuye la capacidad de almacenamiento de carbono. El cambio de uso de la tierra, especialmente en las nacientes de las cuencas, donde se sustenta la eficiencia del ciclo hidrológico –un ecosistema especial e importante para la vida de la región, denominado "el páramo"–, en los cuales hay que investigar y plantear medidas de conservación del suelo, para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático en la región.

Los aspectos limitantes para el diagnóstico, se traducen en una falta de datos relacionados a los impactos del cambio climático en el suelo, por ello se realizó una

compilación de la data disponible al año 2021, una sistematización de la misma, para plantear estudios de casos específicos, que evalúen los principales problemas y hallazgos, relacionados con los impactos del cambio climático sobre el recurso suelo, entendiendo que todos los recursos: agua, suelo, planta, atmósfera son parte de un sistema integrado y dinámico.

Torres (1910), indica que en los últimos 20 años la preocupación por incorporar las variables edáficas y climáticas, para estimar los impactos del cambio climático en la agricultura, va en aumento por los crecientes problemas ambientales, que hacen que los cambios en estas variables sean considerables y al parecer el avance tecnológico no compensará estos cambios para reducir las pérdidas económicas. Es así que se cuentan con diversos modelos de producción agraria, a consecuencia de los problemas ambientales, en especial por el calentamiento global en los que se incorporan variables edafoclimáticas, precisando que estas no son lineales (se presentan funciones de producción agrícola de cuatro tipos cuadrática, raíz cuadrada, tres medios y potencia).

Es nuestro interés formular para la Región Piura un modelo de diagnóstico cuantitativo y descriptivo, para evaluar el impacto que el cambio climático ha generado en la disminución del potencial productivo del suelo, como consecuencia en la aceleración de los procesos de su degradación y los efectos sobre los indicadores asociados a sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.2.2. Formulación del problema

2.2.2.1 Enfoque del problema

El recurso suelo es un medio dinámico, tridimensional y multifuncional; cumple funciones económicas y de servicios ambientales en general. La duración e intensidad de los procesos edáficos y las reacciones físicas y químicas involucradas, así como los procesos biológicos en el interior y en la superficie, producen cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, y muchos problemas medioambientales que cobran visibilidad en otros medios, están directamente relacionados con el suelo.

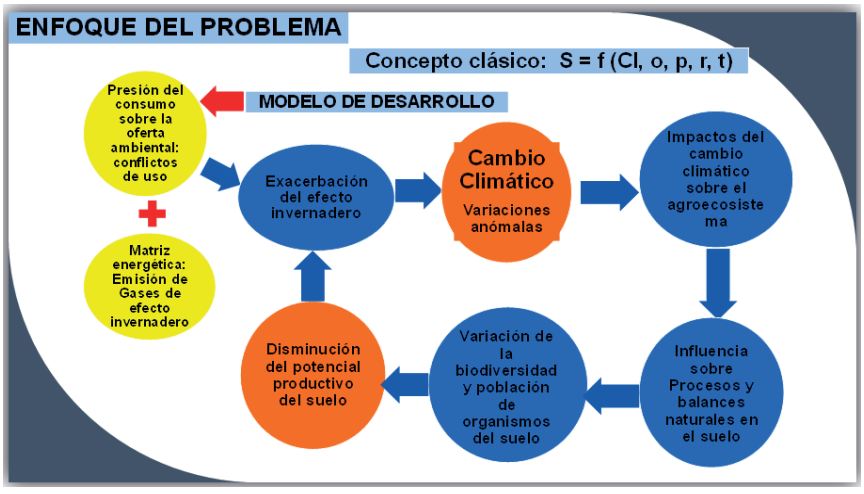
El suelo constituye la base del 90 % de los alimentos humanos, forraje, fibra y combustible, además de ofrecer servicios ambientales que van más allá de las funciones productivas.

En la Figura 2.1, se visualiza el impacto del cambio climático en el suelo y su relación con la agricultura y el modelo de desarrollo. La demanda de alimentos, cada vez creciente, genera una presión del consumo sobre la oferta ambiental, como en el

caso del recurso suelo. El cambio de uso de la tierra y el uso intensivo de energía fósil y agroquímicos en general, exacerban el efecto invernadero y los impactos del cambio climático sobre el ecosistema, en relación al suelo influye sobre procesos naturales, tales como:

- El balance entre la captura de CO_2 y la mineralización del C orgánico (Ciclo del carbono)
- Erosión hídrica y sedimentación
- Salinización
- Balance de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Balance hídrico en el suelo.
- Ciclo de vida y diversidad de los microorganismos que habitan en el suelo.
- El cambio climático influye sobre el ciclo de vida y la diversidad de los microorganismos que habitan en el suelo, lo cual se refleja en el número de especies y la población de cada uno de ellos, los que normalmente interactúan en un equilibrio natural, modificándose la biodiversidad debajo de la superficie del suelo.
- El impacto del cambio climático sobre el suelo y el rol que cumple como sumidero de carbono, soporte físico, químico y biológico de las plantas, y de todos los organismos que habitan en él, se observa en la variación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual determina la disminución de su potencial productivo.

Figura 2.1. Cambio climático e impactos sobre el recurso suelo, en la Región Piura.



Fuente: Adaptado de BCR (2009).

Al deteriorarse el suelo y disminuir de manera sostenida su potencial productivo, se produce una migración hacia nuevas áreas, generando una mayor presión sobre la oferta ambiental del recurso suelo, cerrando de esta manera un círculo interminable, que de no corregirse seguirá acrecentando los impactos del cambio climático.

En síntesis, a partir del esquema propuesto en la Figura 2.1, se puede mostrar los principales procesos en los cuales es afectado el suelo y los indicadores que podrían cuantificarse para medir el efecto del cambio climático. Es importante observar el área de influencia del impacto sobre cada indicador, tal como se describe en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Procesos, indicadores y área de influencia, como impactos del cambio climático en los suelos de la Región Piura.

Procesos influenciados por el cambio climático	Indicadores	Área de influencia
Captura de CO_2	Contenido de materia orgánica	Regional
Mineralización del C orgánico	Contenido de carbono orgánico	Regional
Erosión y sedimentación	Niveles de erosión y sedimentación	Local
Salinización	Conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable	Local
Balance hídrico en el suelo	Humedad disponible	Regional
Balance de nutrientes esenciales	Concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo, Cl	Regional
Diversidad y población microbiana del suelo	Número de especies y población microbiana.	Regional

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2. El suelo y la captura de carbono

La expectativa sobre la efectividad de los sumideros naturales de poder colectar o recapturar el carbono, para mitigar los efectos negativos del cambio en su concentración atmosférica, cuanto menos, es decepcionante en el corto a mediano plazo. Montico (2010), citando el informe anual del 2007 de Global Carbon Project, indica que en el período 1959-2005 el incremento de CO_2 en la atmósfera ha sido de 0,44 anual, elevándose a 0,48 por año para el período 2000-2005; esto implica un debilitamiento de los sumideros de los océanos y ecosistemas terrestres relativos al total de emisiones. De otro lado, asevera que hace 50 años, por cada tonelada de CO_2 emitida, 600 kg

eran retirados por los sumideros naturales. En 2006 sólo 550 kg fueron secuestrados y la cantidad seguía bajando.

Tal como lo asegura Montico (2010), citando informes surgidos en la Novena Sesión de la Conferencia de las Partes (COP 9), de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (Buenos Aires, 2009), el cambio climático encuentra al suelo con severas limitaciones para aportar a la mitigación de la problemática ambiental asociada al uso del territorio.

Las investigaciones globales publicadas por Future Earth (2017), indican una tendencia al aumento de las emisiones de CO_2, tal como lo anuncia la Investigadora principal Corinne Le Quéré, directora del Tyndall Center de Investigación sobre el Cambio Climático de la Universidad del Este, donde menciona que el gobierno federal puede frenar el desarrollo de energías renovables y tecnologías bajas en carbono, pero no puede detenerlo; también precisa que esa transición está impulsada por el bajo costo de nueva infraestructura renovable, y está siendo impulsada por las nuevas preferencias de los consumidores". Sin embargo, en 101 países (que representan el 50 % de las emisiones globales) las emisiones aumentaron en condiciones de un PBI en crecimiento.

El fenómeno el Niño (FEN) modifica los procesos geomorfológicos, tal como afirma Montico (2010), agravando la erosión hídrica, donde no existen programas de manejo que prioricen la cobertura superficial para reducir la amenaza. La ausencia de estadísticas oficiales no cuantifica la gravedad en términos espaciales, la intensidad del proceso se revitaliza incluso con eventos de precipitación estacional, más cuando se conoce que se ha triplicado en los últimos veinte años la frecuencia de precipitaciones cercanas a 100 mm en menos de 48 horas. De acuerdo a las estadísticas analizadas en el presente documento, en Piura dichos valores son superados ampliamente (Correa y Suarez, 2021).

La Región Piura tiene 17 zonas de vida y tres zonas transicionales, de las cuales 12 están comprendidas en zonas áridas. Cinco zonas de vida pertenecen al bosque húmedo, bosque muy húmedo y bosque pluvial, tal como describe Remigio (2010). Teniendo en cuenta los factores que determinan la evolución del suelo, Fassbender (1975), menciona al clima, los organismos, el material parental, el relieve y el tiempo, afirma que todos ellos en diversa medida son influenciados por las condiciones de cambio climático.

Reportes de Pulido (2016), en el estado de Morelos, México, indican evidencias sobre el aumento de superficie "ensalitrada" que se relacionan con el incremento de temperatura; asociadas con la disminución del volumen de cosechas y con el aumento

de superficie con niveles freáticos. Encuentra que los volúmenes de riego impactan en el incremento de la superficie agrícola con niveles freáticos someros y con el aumento de superficie salinizada. Concluye que con el calentamiento global los problemas de salinidad del suelo se incrementaron entre 24.1 y 15.8 % en los estratos de suelo a 30 y 60 cm de profundidad, respectivamente. Asimismo, se estimó un crecimiento del 21.9 % de superficies con niveles freáticos superficiales. El impacto del calentamiento global en el volumen de producción agrícola se estimó en una reducción del 18.9 % del volumen de cosechas. En la región Piura, las evidencias de campo confirman dichas tendencias, debe investigarse en ese sentido el efecto de la salinización para contar con datos estadísticos consistentes.

El contenido de materia orgánica está determinado, en primera instancia, por el clima y la vegetación, otros factores que afectan son el relieve, el material de origen del suelo, el tipo y duración de la explotación, así como otras características físicas, químicas y biológicas. Existe una alta correlación entre el contenido de materia orgánica en el suelo y el contenido de carbono. Indudablemente que también hay una alta correlación entre el contenido de carbono y el nitrógeno, en la materia orgánica del suelo, alcanzando en el humus los valores óptimos de materia orgánica en la naturaleza, cuantificados en la relación C/N. Es importante indicar que el contenido de materia orgánica y en consecuencia el carbono, disminuyen con la profundidad. Para tal efecto Fassbender (1975) propone los niveles de materia orgánica y carbono en el suelo, tal como se observa en la Tabla 2.3. En la región Piura, se observa que el contenido de materia orgánica tiende a disminuir en los ecosistemas intervenidos, como las áreas agrícolas, ello acrecienta la velocidad de pérdida de materia orgánica, como consecuencia del cambio climático.

Tabla 2.3. Niveles de materia orgánica y carbono en el suelo**.**

Nivel	% materia orgánica	% carbono
Bajo	< 2	< 1.15
Medio	2.1 – 4.0	1.2 – 2.3
Alto	4.1 – 10.0	2.4 – 5.8
Muy alto	> 10.0	> 5.8

Fuente: Fassbender (1975)

La tendencia de las zonas de vida a desplazarse hacia las condiciones climáticas de latitudes más bajas indica que las normales climatológicas han variado. Esto podría estar relacionado al efecto del cambio climático. Con una mejor comprensión de las zonas de vida de Holdridge se puede contribuir a los planes de sostenibilidad de la gestión del territorio. Tal como afirma Sabino, Lavado y Aybar (2019).

Stevenson (1985) afirma que hay un efecto diferencial de la temperatura sobre las actividades de los microorganismos y las plantas superiores en el suelo, indica que a medida que aumenta la temperatura, las actividades de los microorganismos aumentan, más que el proceso fotosintético de las plantas superiores. De otro lado, las actividades vitales de las plantas superiores comienzan a temperaturas más bajas que las de los microorganismos (0ºC versus 5ºC), y la óptima es menor (25 °C versus 30 °C). Sobre esta base, temperaturas inferiores a 25 °C deberían favorecer la producción y conservación de sustancias húmicas; las temperaturas más altas deberían favorecer los procesos destructivos. Además, atribuye la incapacidad de mantener la materia orgánica en niveles altos en suelos tropicales, a la mayor actividad de los microorganismos y a las temperaturas más cálidas.

2.2.2.3 Erosión y sedimentación

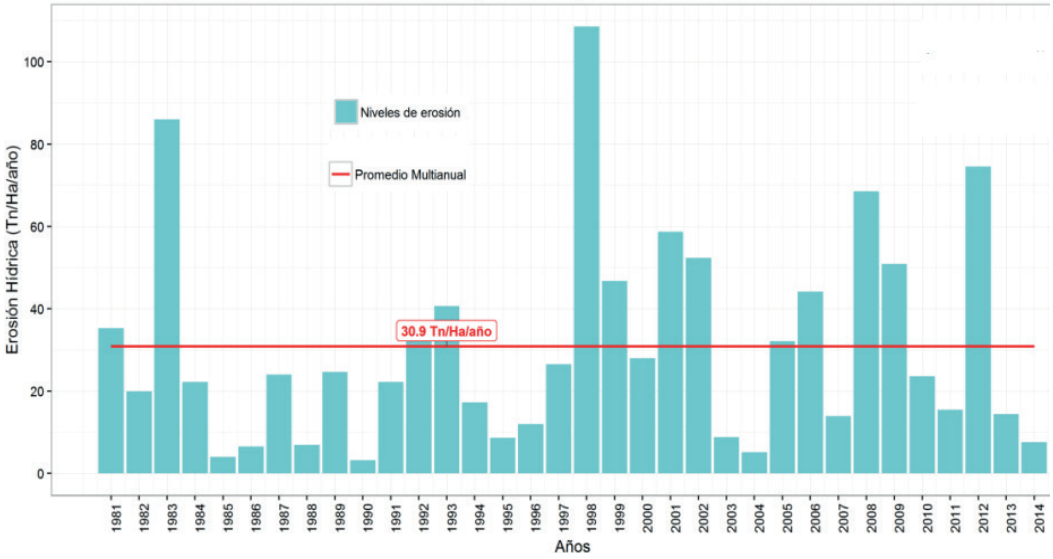
Erosión

El SENAMHI divide al Perú en 14 regiones hidrológicas: 6 en la cuenca del Pacífico, 7 en la cuenca del Atlántico y la Región hidrológica del Titicaca. Considerándose como unidades espaciales de análisis para la cuantificación de las tasas de erosión en el Perú. Piura y Tumbes están integradas en la Región Pacifico Sur 6, contando con 18 unidades hidrográficas entre cuencas e intercuencas (SENAMHI, 2017).

La Región Hidrológica Pacífico 6 comprende un área de 42 304,87 km^2 se ha estimado la tasa de erosión promedio anual para el período de 1981 al 2014, tal como se ilustra en la Figura 2.2, donde los niveles de erosión presentan un promedio multianual de 30.9 Ton/ha/año, valor que califica un grado de erosión Moderado, según clasificación FAO (1990).

El nivel más bajo de erosión se presentó en 1990 (menos de 3 Tn/ha/año) que fue un año seco, el nivel de erosión más alto corresponde a 1998 con una tasa de pérdida de suelo que alcanza el valor medio 108.0 Tn/ha/año, en toda la región, acarreado por las lluvias extremas de El Niño 1997-1998.

Figura 2.2. Erosión hídrica estimada en la Región Hidrológica 6 (Piura y Tumbes).

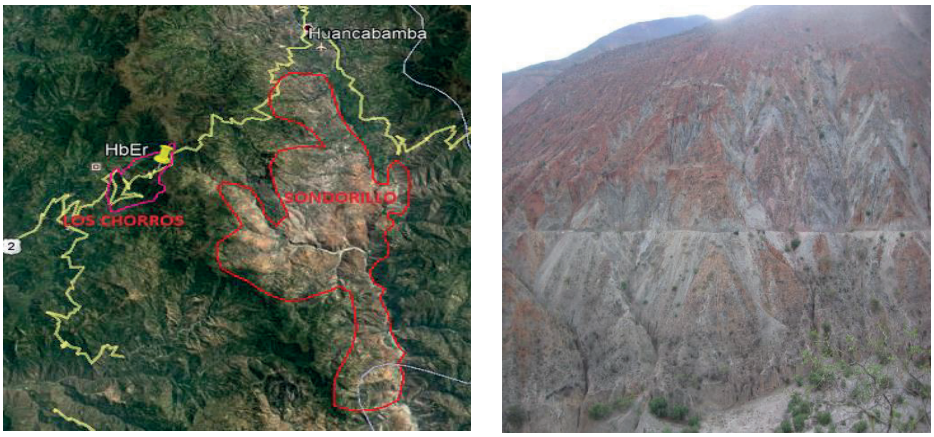


Fuente: SENAMHI, 2017.

Debido a la variabilidad del clima y el relieve del territorio, el fenómeno erosivo en la Región Piura, muestra características diferenciadas; siendo más alta la tasa de erosión en la región andina, donde la fuerte pendiente del terreno y lluvias intensas, son factores condicionantes para la ocurrencia de dicho fenómeno. Los factores que tienen mayor incidencia en el fenómeno de la erosión hídrica son el de erosividad de lluvias (R) y el topográfico (LS), de acuerdo al modelo de la ecuación universal de pérdida del suelo (EUPS) utilizado para la estimación de la pérdida de suelo. En la Figura 3 se observa el nivel de erosión hídrica severa, en Sondorillo–Huancabamba (Piura) en el año 2018.

Existen signos evidentes impresos de la evolución de la erosión hídrica sobre la superficie del territorio regional, haciendo uso de la información existente, en imágenes de satélite de cronología seriada o en recorridos *in situ,* en los que se puede apreciar dicho efecto, justificado de manera estacional por las precipitaciones que se intensifican entre los meses de noviembre a marzo de cada año, pero que se aceleran con la presencia del Fenómeno El Niño, tal como se aprecia en la Figura 2.4, el nivel de erosión severa en el distrito de Frías, provincia de Ayabaca.

Figura 2.3. Proceso de erosión acelerada. En Sondorillo, Huancabamba. Piura.



Fuente: Imagen de satélite editada y adaptada de Google Earth, 2021. Fotografía, Remigio, 2018.

Figura 2.4. Erosión acelerada en el distrito de Frías, Ayabaca, Piura 2019**.**



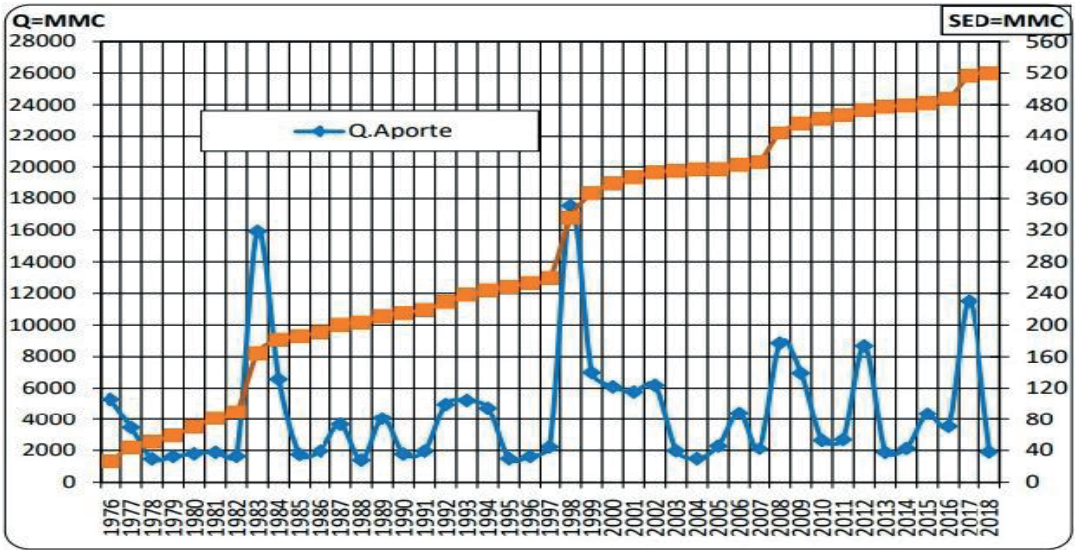
Fuente: Evaluación de campo. Remigio (2019).

Sedimentación

Un estudio de las causas de la sedimentación acelerada del reservorio Poechos, mediante el análisis de información histórica del aporte hídrico al reservorio y del proceso de sedimentación que se ha desarrollado en el tiempo, también toma en consideración la gestión realizada por el operador y el estado erosivo de la cuenca Chira-Catamayo.

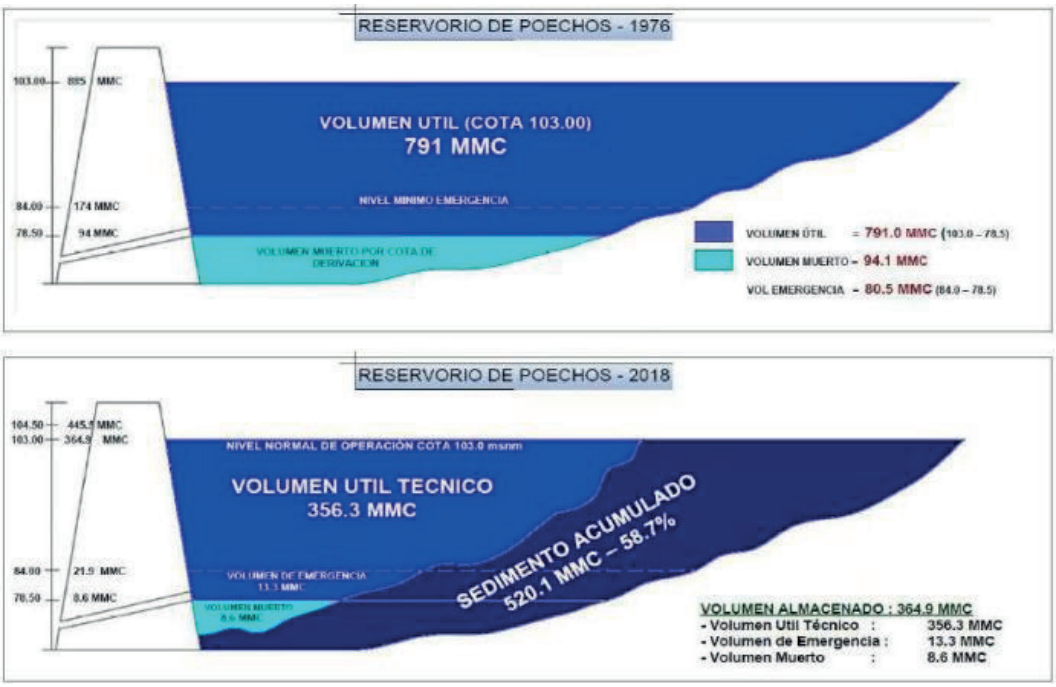
Menciona que en reportes del Proyecto Especial Chira Piura (2002), con el inicio de la operación del reservorio Poechos, también se inició la sedimentación, ello acrecentado por las avenidas extraordinarias ocurridas en los años 1983, 1992, 1998 y 2017, por la presencia del Fenómeno El Niño (FEN). Según resultados de la medición batimétrica del año 2000, se determinó que el volumen de sedimentos acumulados desde la puesta en operación del reservorio fue 379,4 millones de metros cúbicos (MMC), el cual representaba el 42,87 % de la capacidad de diseño original. Al año 2012 fue 473.6 MMC, el cual representa el 53.5 %; el año 2018 fue de 533.7 MMC con el 58.7 %. Tal como se observa en las Figuras 2.5 y 2.6.

Figura 2.5. Aporte hídrico y sedimento acumulado en el reservorio Poechos 1976-2018



Fuente: Proyecto especial Chira Piura (2018)

Figura 2.6. Volumen útil en el inicio de la operación del reservorio; b) volumen útil y sedimento acumulado hasta el año 2018**.**



Fuente: Proyecto Especial Chira Piura (2018).

2.2.2.4 Salinización

La degradación de suelos como consecuencia de los procesos de salinización, o contaminación por sales, se presenta en zonas áridas y semiáridas, como lo es gran parte el territorio de la Región Piura, y con mayor énfasis en la zona costera y en la zona baja de los valles Chira y Piura. Es muy grave, y de gran magnitud, pero no se le da la importancia debido a que sus efectos inicialmente son leves, afectan la productividad y finalmente generan un retroceso de la frontera agrícola.

La superficie afectada por salinidad en Piura, hasta el año 1974 era de 66 342 ha, distribuidas en los Valles del río Chira (16 842 ha), irrigación San Lorenzo (2 500 ha), valle del río Piura (12 000 ha), valle del medio y bajo Piura (35 000 ha), con la implementación del sistema de drenaje del Proyecto Especial Chira Piura (PECHP), las áreas afectadas disminuyeron considerablemente (Lapeyre, 2017).

Los eventos de altas precipitaciones, como el FEN, han destruido la infraestructura de drenaje. Los eventos de sequía recurrentes, el incremento de las temperaturas y la evapotranspiración, aceleran el ciclo de salinización, lo cual se evidencia en campo, donde se observa terrenos agrícolas abandonados porque ya no es rentable para el agricultor sembrar en suelos con altos niveles de salinidad, mientras no haya un sistema de drenaje eficiente.

No existen actualmente estudios detallados que cuantifiquen el problema de la salinización de los suelos agrícolas en la Región Piura. En las Figuras 7 y 8 se muestran dos áreas de interés en el valle del bajo Chira y en el valle del bajo Piura.

En la Figura 2.7, se muestra una imagen de satélite y una fotografía, donde se registra el proceso de salinización acelerada, en el área de interés: Valle del Chira. Distrito Pueblo Nuevo de Colán, Paita, Piura. Efecto del estrés hídrico, mal drenaje y alta evapotranspiración.

Figura 2.7. Evidencias del proceso de salinización acelerada, en el Valle del Chira, Sector Pueblo Nuevo de Colán. Paita. Piura**.**



Fuente de la imagen Landsat: Google Earth. 2021 y fotografía J. Remigio 2020

En un estudio de caso (Vargas, 2004), realizado en el cono aluvial del valle del río Chira, ubicado en los distritos de Colán, El Arenal y Vichayal, concluyen que, de 4 158 hectáreas evaluadas, el 58,8 % (2 444 ha) están en un proceso de salinización creciente y el 41.2 %, son considerados suelos “normales”, teniendo en cuenta la

clasificación convencional de suelos salinos. Algunos estudios de correlación entre niveles de salinidad y producción de banano. Remigio y Colán (2017) en el valle del río Chira, demuestran que se produce una disminución de los rendimientos a partir de niveles de 1 dS/m de conductividad eléctrica (salinidad leve), con ratios menores de 0.7 en la producción (cantidad de racimos para elaborar una caja de banano).

En la Figura 2.8, se muestra una imagen de satélite y fotografía, donde se observa el proceso de salinización acelerada en el área de interés Valle del Bajo Piura. Distrito de Cura Mori (Piura). Efecto del estrés hídrico, mal drenaje y alta evapotranspiración. Presencia de plantas halófitas indicadoras.

Figura 2.8. Evidencias del proceso de salinización acelerada, en el Valle del Bajo Piura, Sector Cura Mori. Catacaos. Piura**.**



Fuente: Imagen Landsat de Google Earth. 2021 y fotografía J. Remigio 2020.

2.2.2.5 Sequia

Los eventos de sequía en la región, en las últimas décadas se presentan con mayor recurrencia y duración. Ello genera el estrés hídrico en las plantas, disminuyendo significativamente sus rendimientos, debido a que las reacciones químicas en el suelo atenúan su velocidad por la falta de agua, a consecuencia de ello la disponibilidad de

nutrientes esenciales es limitada, no se encuentran en el estado iónico acuoso, forma como entran en contacto con las raíces de las plantas para su absorción e incorporación al sistema metabólico.

En la Figura 2.9, se observa la fotografía del lado izquierdo con un campo cultivado con arroz, presenta estrés hídrico, se ubica en el sector Yuscay. Distrito de Las Lomas. Piura, en las coordenadas UTM. Z17. 582207 m E, 9481877 m S. En la fotografía del lado derecho, se observa el cultivo de cacao, en estrés hídrico, ubicado en el sector Palo Blanco, distrito de Chulucanas. Morropón. Piura, en las coordenadas UTM. Z17, 601765 m E, 9441840N.

Figura 2.9. Evidencias de los ciclos recurrentes de sequía en las localidades de Las Lomas y Chulucanas, Piura. 2020**.**



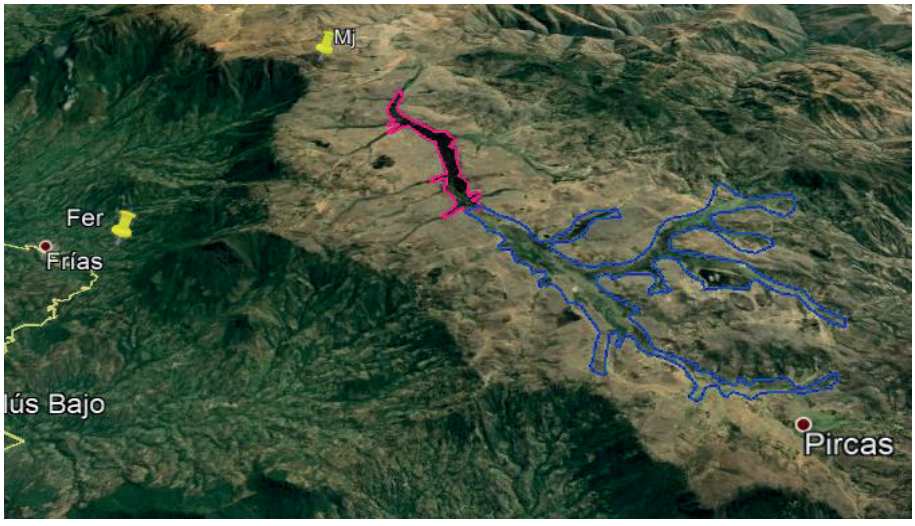
Fuente: Remigio, noviembre 2020.

La recurrencia de eventos de sequía, ocurridos en la región Piura, como impacto del cambio climático, produce una disminución de la humedad en el suelo a niveles críticos, como el coeficiente hídrico punto de marchitez permanente, generan un descenso en la actividad microbiana, especialmente en los procesos de descomposición y mineralización, en la que intervienen grupos de microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos, decreciendo de esta manera los procesos biológicos en el suelo, que lo convierten en una fuente natural de nutrientes.

El déficit de humedad, por un evento de sequía, se inicia en la capa superficial del suelo, por el proceso de evapotranspiración, el diferencial de potencial de agua de la atmósfera, las plantas y el suelo, permiten que haya un mayor flujo de vapor de agua desde el suelo y las plantas hacia la atmósfera, generando un balance negativo. El agua en dicha condición, fluye desde zonas profundas o desde el nivel freático, el agua se evapora y las sales disueltas en el agua cristalizan en la superficie del suelo, agravando el proceso de salinización (Pulido, 2016).

Los eventos de sequía recurrentes y el cambio de uso de la tierra, permiten observar el retroceso del área de humedales en la denominada "meseta andina", ubicada en el distrito de Frías de la provincia de Ayabaca. La disminución del área de humedales va dando paso a áreas de pastoreo extensivo, lo cual hace que el potencial del suelo, como "sumidero de carbono" vaya disminuyendo, lo cual acentúa las condiciones para que los efectos e impactos del cambio climático, sean más evidentes, en estos ecosistemas frágiles de montaña. Tal como se observa en la Figura 2.10. En dicha Figura, se observa una imagen de satélite en el área de interés, distrito de Frías, provincia de Ayabaca, con evidencia de erosión acelerada, en el sector Huamingas (símbolo Fer en la Figura). De otro lado, se propone un punto de evaluación de captura de carbono en bofedales en retroceso, en el Sector Meseta Andina (Figura delineada en rojo y azul).

Figura 2.10. Evidencias del retroceso de áreas de humedales, por efecto de los ciclos recurrentes de sequía y cambio de uso de la tierra, en Frías, Ayabaca, Piura. 2021.



Fuente: Imagen Landsat, mapeada desde Google earth, 2021.

2.2.2.6 Cambio de uso de la tierra y deforestación

Zorogastúa *et al.* (2011), muestra resultados de un estudio de cambio de uso de la tierra en Piura, en el ecosistema de bosque seco. Indica que un aspecto crucial del cambio de la cobertura y uso de la tierra en este ecosistema es la deforestación; de cobertura forestal pasó a ser no forestal (urbano, agrícola, etc.). Además, se ha registrado una degradación forestal, que es la reducción de la capacidad del bosque de producir bienes y servicios. Afirma que el 38 % del área del bosque seco permanece sin variación, mientras que 13 % ha mejorado su condición y el otro 23 % tiende a la reducción de su cobertura. La biomasa de esta formación vegetal es aprovechada por la población de Piura para alimentar al ganado caprino y obtener productos como madera, combustible, forraje, algarroba y sombra, utilizándose la mayor parte de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Además, contribuye con la belleza del paisaje.

En la Figura 2.11, se muestran evidencias de cambio de uso de la tierra y deforestación, en el bosque seco ralo de planicie desértico. Distritos de Colán y La Huaca (Paita, Piura). Se observa la deforestación en el año 2009 y la producción de caña de azúcar en el año 2021. Al respecto, la Dirección Regional de Agricultura (DRAP) reporta 18 617 hectáreas sembradas con caña de azúcar en la terraza marina colindante con las márgenes izquierda y derecha del valle del río Chira. Este cultivo se constituye en el tercero de mayor área sembrada a nivel regional, originado a partir del cambio de uso de la tierra en el bosque seco ralo a semi denso, en el desierto de Piura.

Figura 2.11. Evidencias del cambio de uso de la tierra. Localidades de La Huaca y Colán, Paita. Piura**.**



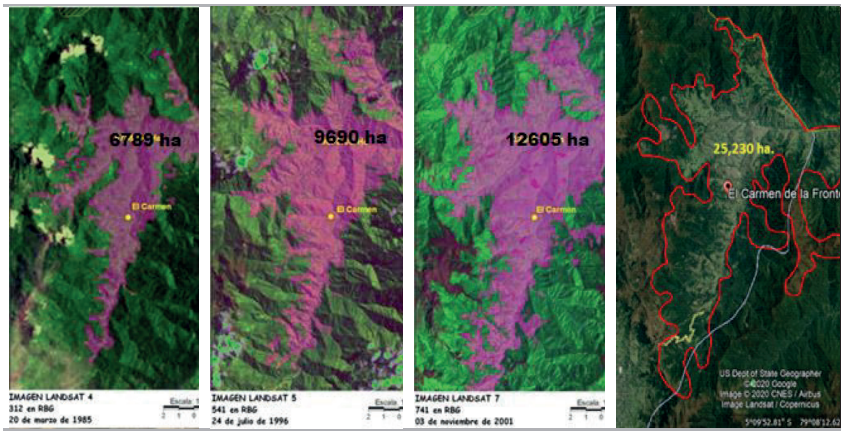
Fuente: Fotografía José Remigio (2009), procesamiento de imagen Landsat, desde Google Earth (2021).

Otro caso de cambio de uso de la tierra se ha observado en el distrito de Carmen de la Frontera, en la provincia de Huancabamba, un análisis cronológico de imágenes de satélite, permite cuantificar el avance de la deforestación y cambio de uso de la tierra. En la Tabla 2.4 y Figura 2.12, se puede observar una presión por el uso del recurso suelo, en los primeros seis años del período de observación, de 265 ha/año, el cual se duplica en los siguientes 5 años a 580 ha/año y finalmente se estabiliza en 601 ha/año, al año 2022. Evidentemente el potencial de acumulación de carbono ha disminuido significativamente, en el área de estudio. La tasa promedio de deforestación para todo el período (1985-2022) es de 498.4 ha/año.

Tabla 2.4. Deforestación y cambio de uso de la tierra en el distrito de Carmen de la Frontera, Huancabamba.

Año	Deforestación Ha.	Tasa Ha/año
1985	6 789	Año base
1996	9 690	265
2001	12 605	580
2022	25 230	601

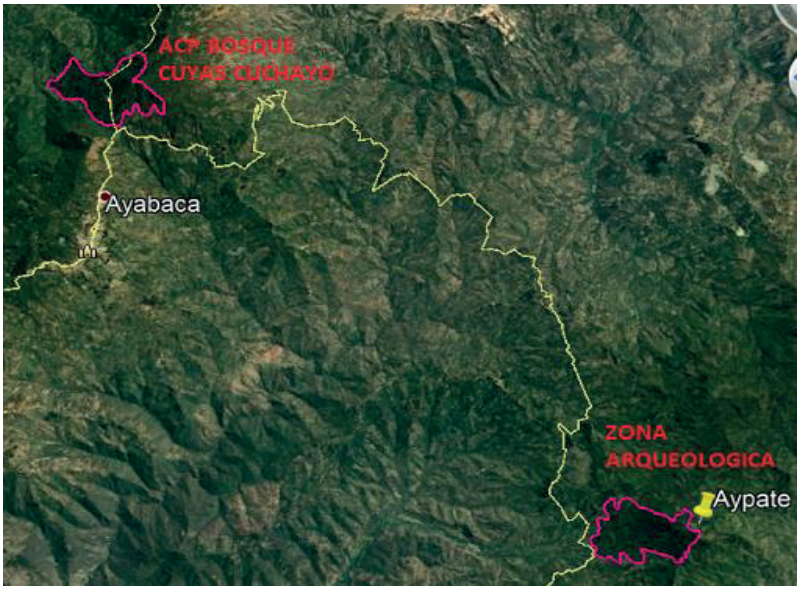
Figura 2.12. Evidencias de la deforestación y cambio de uso de la tierra. En el distrito de Carmen de La Frontera. Huancabamba. Piura.



Fuente: Serie cronológica de imágenes Landsat (1985, 1996,2001) y Google Earth (2022).

Para el caso de la cuantificación de la erosión, se tiene como áreas testigo, bosques relictos, estas áreas podrían señalarse para futuros estudios de impacto del cambio climático de manera comparativa con áreas deforestadas, en las mismas condiciones climáticas y edáficas de los alrededores, en la Figura 2.13 se muestra como ejemplo el bosque húmedo de Cuyas Cuchayo y el bosque cercano a las Ruinas arqueológicas de Aypate en el distrito y provincia de Ayabaca, catalogados como Áreas de conservación Privada.

Figura 2.13. Áreas de conservación privada, en bosques húmedos. Ayabaca. Bosques relictos y suelos desarrollados. Piura. 2021.



Fuente: Mapeado desde imágen de satélite, en Google Earth, J. Remigio, 2021.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Elaborar el diagnóstico preliminar exploratorio, del impacto del cambio climático sobre la disminución del potencial productivo del suelo, teniendo en cuenta su influencia sobre procesos naturales, como la capacidad de almacenamiento de carbono, erosión y sedimentación, evapotranspiración y salinización; lo cual se traduce en una degradación acelerada, cuantificada en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.3.2. Objetivos específicos.

- Establecer en qué medida el cambio climático influye sobre la captura de $CO_{2,}$ en relación a la tendencia del incremento de temperatura, como un factor que acelera los procesos de descomposición y mineralización del C orgánico.
- Determinar de qué manera el cambio climático incrementa los procesos de erosión y sedimentación, debido a la recurrencia de períodos alternados de sequía y altas precipitaciones.
- Establecer los mecanismos de la aceleración del proceso de salinización, especialmente en las cuencas bajas costeras de Piura, relacionados con la excesiva evapotranspiración que incrementa las áreas salinizadas.
- Cuantificar el efecto integrado de los tres impactos anteriores, y su influencia en el potencial productivo del suelo.
- Establecer la influencia del cambio climático sobre la dinámica de la población y biodiversidad microbiana.

2.4. Importancia y alcance de la investigación.

2.4.1. Importancia de la investigación

El diagnóstico del impacto del cambio climático, en el recurso suelo, tiene gran importancia debido a sus efectos en el agroecosistema, y por la ausencia de investigaciones al respecto en la Región Piura.

La búsqueda de información, ha permitido compilar y sistematizar evaluaciones dispersas, que han permitido caracterizar el recurso en diversas épocas en áreas de interés localizadas, a partir de iniciativas del Estado, en proyectos de inversión pública, o recientemente, en las dos últimas décadas, por iniciativas privadas, para proyectos de inversión en diversos sectores: agrícola, minero, energético o hidro energético.

La información generada en los estudios antiguos y recientes, indican el potencial productivo del momento en que se realizaron dichos estudios, pero no visualiza la evolución de dicho potencial en el tiempo, influenciado por el efecto de los impactos del cambio climático en los factores de formación del suelo. La importancia del diagnóstico radica en la identificación de los impactos más significativos, los indicadores y las características edáficas en las que más influye el cambio climático, en el recurso suelo.

El diagnóstico preliminar que se presenta, permitirá establecer la ruta y la metodología para la determinación precisa de las medidas de adaptación y mitigación, en escenarios de cambio climático, que deben aplicarse para la protección del recurso suelo, teniendo como fin último el uso sostenible del mismo.

2.4.2. Alcance Geográfico.

El alcance geográfico del diagnóstico es regional, el alcance sectorial es agrícola, con énfasis en los servicios ambientales y económicos que brinda el recurso suelo, con carácter prioritario en la actividad agrícola.

Es importante el alcance geográfico, debido a que la diversidad de suelos, obedece a las condiciones ecológicas (clima y organismos, en zonas de vida), geomorfológicas (paisaje, relieve y procesos), litológicas (material de origen). En la Figura 2.14, se observa la ubicación de las principales cuencas: La cuenca del río Chira, que forma parte de la Cuenca Binacional Catamayo–Chira, Cuenca del río Piura, Cuenca del río Huancabamba y parte de la cuenca del río Chinchipe, parcialmente en el territorio regional

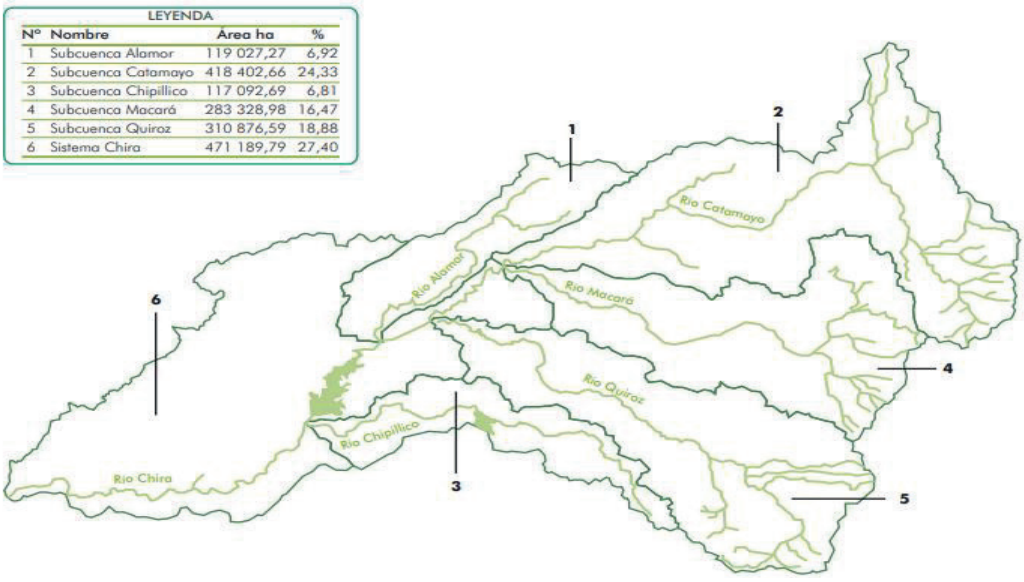
Es importante resaltar el área de suelos que influye sobre la cuenca del río Chira, como se observa en la Figura 2.15, la cual es parte de la cuenca hidrográfica binacional Catamayo–Chira, comparte territorio con el vecino país del Ecuador. Al respecto, en la parte ecuatoriana se reciben aportes de las subcuencas de los ríos Alamor, Catamayo y Macará. En la parte peruana aportan las subcuencas del río Quiroz y Chipillico.

El alcance territorial de la cuenca Catamayo–Chira, desde el punto de vista integral geográfico como área de recepción, recibe aportes de sedimentos desde las partes altas de la cuenca del territorio ecuatoriano y peruano, lo cual como observaremos más adelante, influye sobre los procesos de erosión, transporte y sedimentación, que afectan la capacidad de almacenamiento de los reservorios Poechos y San Lorenzo, que abastecen del recurso hídrico a los sistemas hidráulicos Chira Piura y San Lorenzo.

Figura 2.14. Ámbito regional y ubicación de cuencas hidrográficas en la Región Piura**.**



Figura 2.15. Ámbito de la cuenca hidrográfica binacional Catamayo - Chira.



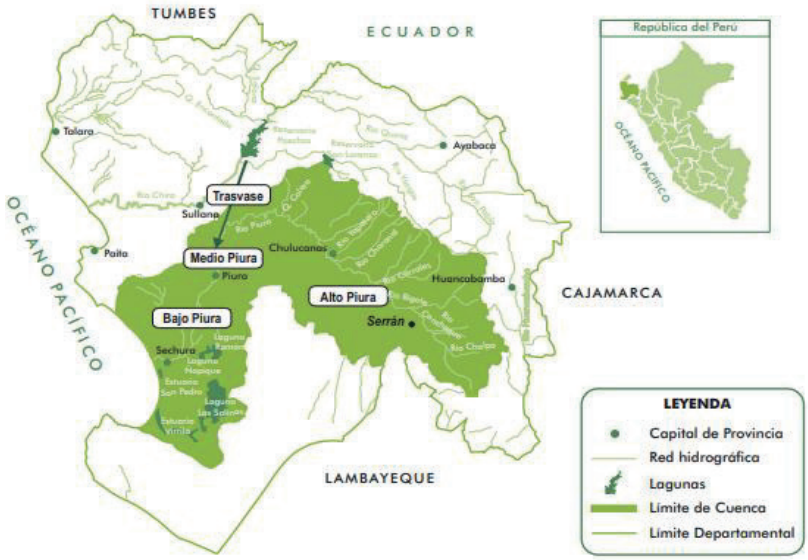
Las cuencas de la Región Piura, presentan una caracterización geográfica y climática estratificada en función de la altitud, donde hay 17 de las 84 zonas de vida que existen en el Perú, tal como lo describe Remigio (2010), denotando ello una diversidad de suelos, característicos de cada zona de vida, del material de origen, el relieve y el tiempo de evolución, el cual se ve alterado en su equilibrio por los impactos del cambio climático. En la Tabla 2.5 y la Figura 2.16, se puede observar la sectorización de la cuenca del río Piura y los principales parámetros climáticos de cada ámbito.

Tabla 2.5. Sectorización y parámetros meteorológicos de la cuenca del río Piura**.**

Altitud y variables climáticas	Sector de la cuenca		
	Baja	**Media**	**Alta**
Altitud (m s. n. m.)	0-80 m s. n. m. Aguas abajo del puente Ñácara - Chulucanas	80-350 m s. n. m. puente Ñácara-Chignia Baja (Huarmaca)	350-3600 m s. n. m. (Chignia Baja-Divisoria de aguas)
Precipitación (mm/año)	< 200	200 - 700	700 - 1100
Temperatura mínima (°C)	15	10	0
Temperatura media (°C)	24	24	13
Temperatura máxima(°C)	38	32	27
Evaporación (mm/año)	2500	2350	1350

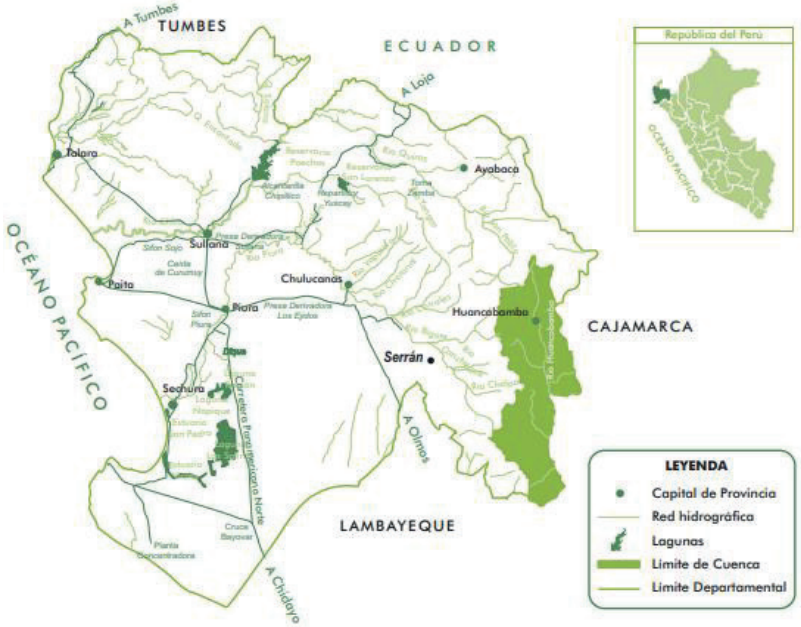
Fuente: Adaptado del Plan de Gestión de la Cuenca del río Piura. Autoridad Autónoma de la cuenca hidrográfica Chira Piura (AACHCHP), año 2008.

Figura 2.16. Ámbito de la cuenca hidrográfica del río Piura**.**



En la Figura 2.17 se observa la ubicación de la cuenca del río Huancabamba, colindante con las regiones Cajamarca y Lambayeque.

Figura 2.17. Ámbito de la cuenca hidrográfica del río Huancabamba.



Los páramos en la Región Piura

Rivera (2021) reporta que los páramos y bosques ubicados en Ayabaca y Huancabamba, representan un total de 110 mil hectáreas de superficie, que llegan a cubrir solo el 0.3 % del territorio piurano. Sin embargo, cada hectárea de páramo bien conservado almacena entre 4 mil 200 y 6 mil litros de agua por segundo.

En la Región Piura, el páramo no ha sido estudiado a profundidad y se encuentra en la zona alta de las subcuencas del río Quiroz (Cuenca Catamayo-Chira), Huancabamba y San Ignacio, en los departamentos de Piura y Cajamarca.

Se caracteriza por la presencia de pajonales, pero con mayor abundancia de arbustos y bosques de altura, debido a su mayor humedad, de manera que se le puede calificar como formaciones alternantes de pajonales y matorrales. Se les ubica en altitudes promedio de 3500 m s. n. m.

El páramo es muy húmedo, con alta incidencia de neblinas nocturnas, al amanecer las plantas se encuentran cubiertas de agua producto de la condensación del rocío. Los suelos son muy húmedos y anegados, con abundante materia orgánica; en las zonas más escarpadas se observan afloramientos rocosos.

2.4.3. Alcance legal

Respecto al alcance legal, referido a los estudios de suelos a nivel nacional, aplicables a todos los sectores, amerita citar la normatividad legal existente, la cual contiene los lineamientos técnicos para la realización de los estudios de suelos, tanto desde el punto de vista taxonómico como del potencial de uso de las tierras.

En la Tabla 2.6, se cita a dos normas legales para los estudios de suelos, las cuales tienen un enfoque preventivo, contribuye a prevenir los efectos del cambio climático y la alta presión antrópica sobre el suelo y su entorno, evitando la degradación de los ecosistemas.

Tabla 2.6. Normas legales que involucran a los estudios de suelos a nivel nacional.

Decreto Supremo	Descripción	Referencia
D.S. N.º 013-2010-AG	Aprueban Reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos.	Diario oficial *El Peruano*, 20 de noviembre de 2010.
D.S. N.º 017-2009-AG	Aprueban Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor	Diario oficial *El Peruano*, 2 de septiembre de 2009.

Fuente: Diario oficial *El Peruano* (20/11/2009, 02/09/2010).

2.4.4. Alcance temporal y resolución espacial (escala) de los estudios de suelos en la Región Piura

En la región Piura, Remigio (2010) sistematiza estudios con diferentes niveles de detalle, los cuales sirven de apoyo para sustentar las evidencias encontradas en campo respecto a los impactos del cambio climático sobre el recurso suelo, teniendo en cuenta la normatividad legal citada en la Tabla 6. Se cuenta con estudios tan antiguos desde los años 1970, como el estudio de recursos naturales en la Cuenca Quiroz Macará, realizado por la Oficina Nacional de Recursos Naturales, hasta los estudios más recientes, con diversos objetivos, como el estudio de suelos, el cual forma parte del estudio de impacto ambiental (EIA) del Proyecto de minería no metálica de los yacimientos de fosfatos de Bayóvar, estudio de suelos en el EIA del proyecto hidroenergético del Alto Piura, en el proyecto de afianzamiento hídrico de la Represa de Poechos, entre los más importantes.

En la Tabla 2.7, se muestra un listado de los estudios más importantes consultados para realizar el inventario de los estudios de suelos, que permiten realizar una caracterización de la realidad edáfica de la Región Piura, los diversos tipos de suelos clasificados, desde la metodología taxonómica hasta la clasificación interpretativa, como es la capacidad de uso mayor de la tierra. La escala de los estudios de suelos va desde el nivel de reconocimiento hasta el nivel detallado en algunos trabajos de investigación. Es pertinente tener en cuenta los estudios citados, debido a que sirven como referencia para identificar los diferentes tipos de suelos en diferentes localidades, con niveles de vulnerabilidad variada, frente a los impactos del cambio climático.

Tabla 2.7. Referencia de estudios revisados para el inventario de suelos de la Región Piura**.**

Nº.	Estudios	Cantidad de lugares	Cantidad de muestras
1	Zonificación ecológica económica Región Piura	40	131
2	Estudio de impacto ambiental Proyecto Bayóvar	35	107
3	Vulnerabilidad física natural Cuenca del río Piura	32	112
4	Estudio de suelos Morropón Huancabamba	28	113
5	Estudio de suelos en Congorá	40	151
6	Estudio en la cuenca Quiroz Macará	21	66
7	Estudio de validación Catamayo-Chira	11	23
8	Estudio de suelos Valle del Bajo Chira	27	90
9	Estudio de suelos Transecto Paita- Piura	11	23
10	Estudio de impacto ambiental Lote XII Lancones	06	21
11	Estudio de suelos en Sapillica	04	17
12	Estudio de suelos en Chalaco	03	14
	Total.	258	868

Fuente: Remigio J. (2010).

2.5. Limitaciones de la investigación

El diagnóstico está limitado por la falta de investigación y data, para evaluar los impactos del cambio climático sobre los diversos tipos de suelos presentes en la Región Piura, en series continuas, que permitan realizar afirmaciones de mayor precisión, solamente se restringirá a realizar afirmaciones a consecuencia de las evidencias encontradas con datos fehacientes, de visitas de campo y reportados en informes publicados, para lugares específicos.

En el caso de los estudios de suelos realizados hasta la actualidad, para la determinación de indicadores del impacto del cambio climático sobre este recurso, la escala y la antigüedad de los estudios es heterogénea, se encuentran estudios en informes técnicos consistentes a partir de la década del año 1978 (Estudio de Recursos Naturales en la Cuenca del río Quiroz Macará, Estudio de suelos en la Colonización San Lorenzo, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroenergético del Alto Piura, Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de Fosfatos de Bayóvar, Estudios definitivos para el Afianzamiento Hídrico de la Presa de Poechos, Estudios de caracterización de suelos en tesis de investigación, etc.).

No se cuenta con indicadores definidos para la cuantificación de los impactos del cambio climático en los suelos de la Región Piura. Sin embargo, las evidencias en campo permiten identificar suelos afectados por niveles de erosión severa, suelos salinizados, suelos sometidos a estrés por sequía, afectados por mal drenaje, disminuidos en su capacidad de almacenamiento de carbono por el cambio de uso de la tierra, lo cual incide de manera significativa en su potencial productivo.

2.6. Aspectos técnicos

2.6.1. Antecedentes del problema

En el Perú y en la Región Piura no hay información significativa de estudios científicos que brinden resultados de los impactos del cambio climático sobre el recurso suelo, nos referiremos a algunos reportes que se encuentran disponibles como fuentes de información secundaria realizados con diversos objetivos, que de alguna manera están alineados al diagnóstico que procuramos establecer.

CONAM y SENAMHI (2005) investigaron sobre los escenarios del cambio climático con proyecciones al año 2050, en la cuenca del río Piura, indicando que el aumento de la temperatura media y la modificación de los patrones de precipitación inciden significativamente en un conjunto de factores de estrés. Además, afirman que el comportamiento de las plantas y su relación con las condiciones atmosféricas, el suelo y el agua, deben ser investigadas, para conocer sus respuestas en estas condiciones, teniendo en cuenta su importancia en la mitigación con su potencial para fijar y secuestrar el CO_2.

SENAMHI (2017), publica resultados relacionados con la erosión en el Perú, divide al país en 14 regiones hidrológicas, 6 en la cuenca del Pacífico, 7 en la cuenca del Atlántico y la Región hidrológica del Titicaca. Piura y Tumbes se ubican en la Región Pacifico Sur 6, contando con 18 unidades hidrográficas entre cuencas e intercuencas. Para Piura, que es parte de la región hidrológica 6, se ha estimado la tasa de erosión promedio multianual para el período de 1981 al 2014, de 30.9 Ton/ha/año, valor calificado como un grado de erosión moderado, según clasificación FAO (1990). Sin embargo, deberán realizarse modelos de erosión en diversos escenarios de cambio climático, para precisar que en algunos lugares del territorio regional la tendencia es que los niveles de erosión van migrando de moderados a severos, bajo los impactos del cambio climático, tal como se muestran las evidencias de lugares reportados en el presente diagnóstico como Sondorillo en Huancabamba y Frías en Ayabaca. Durante períodos extremos, como el Fenómeno El Niño, se llega a determinar tasas de pérdida

de suelo que alcanzan valores alrededor de 108.0 Ton/ha/año, durante años de sequía las pérdidas de suelo son menores a 3 Ton/ha/año.

Se han realizado diversos estudios de sedimentación especialmente en el área que involucra al Proyecto Especial Chira Piura, Junes (2013), publica resultados referidos a la sedimentación en la presa de Poechos, donde afirma que los mayores niveles de acumulación de sedimentos en la presa se han presentado durante los años 1983, 1992 y 1998, como producto de las avenidas extraordinarias del Fenómeno El Niño (FEN), indica que el año 2000, el reservorio presentaba una acumulación de sedimentos de 42,87 % de la capacidad de diseño original, en el año 2012 fue de 53.5 %, equivalente a 473.6 millones de m^3 de sedimentos acumulados. En el año 2018 la sedimentación alcanzó 60.30 % de pérdida de su capacidad inicial.

Tomando como base los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), en el año 2015 la Dirección Regional Agraria de Piura (DRAP) estableció que de 200 144.32 ha bajo riego, 16 053 ha tenían problemas de salinidad y 36 750 estaban afectadas por problemas de drenaje; siendo el valle del Medio y Bajo Piura el más afectado con 7 553 ha y 18 750 ha, respectivamente. Sin embargo, a la fecha no se ha incrementado el área con servicio de drenaje, más bien ha disminuido, y el sistema de mantenimiento de dicha infraestructura es deficiente, habiendo perdido su capacidad de evacuación. Estudios puntuales, por ejemplo, en el Valle del Chira, sector de riego El Arenal, se cuantifica salinización acelerada, donde en un área de 4 158 hectáreas en estudio, el 58.8 % (2444 ha) tienen el problema de la salinización y el 41.2 %, son considerados suelos "normales", de acuerdo a la clasificación convencional de suelos salinos (Remigio y Vargas, 2004). Al respecto es importante considerar la sensibilidad de los cultivos a condiciones salinas, por ejemplo, se observa un crecimiento del área instalada con banano en la zona de estudio. Estudios de correlación realizados por Remigio y Colán (2017) demuestran que a partir de 1 a 1.5 dS/m, de conductividad eléctrica en el suelo, el cultivo de banano disminuye sus rendimientos en 5 Ton/ha, por cada unidad de incremento en la conductividad eléctrica

El cambio de uso de la tierra, al inicio promueve deforestación, afectando diversos niveles de cobertura vegetal, desde el bosque seco ralo de llanura en la zona desértica costera de las provincias de Talara, Sullana, Piura y Sechura, hasta el bosque húmedo muy denso en las nacientes de las cuencas Chira, Piura, Huancabamba y Chinchipe, en las provincias de Ayabaca, Morropón y Huancabamba. Ello implica la pérdida de la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo en diverso grado, en función de las zonas de vida involucradas. En el caso de los proyectos agrícolas de la costa de Piura, el cambio de uso de bosque seco ralo a semi ralo, ha dado paso a la

instalación de cultivos permanentes y cultivos transitorios, como caña de azúcar, vid, banano, palto, mango, ají, entre otros. En el caso mucho más grave, el cambio de uso de la tierra en las zonas de colinas y montañas de las cuencas altas de los ríos Chira, Piura, Huancabamba y Chinchipe, condicionan un mayor efecto acelerado en la erosión de los suelos y desertificación en algunos sectores, donde el suelo se ha degradado a un nivel extremo, de acuerdo a los casos reportados, en el presente diagnóstico, en el distrito de Sondorillo en la provincia de Huancabamba y el distrito de Frías en la provincia de Ayabaca.

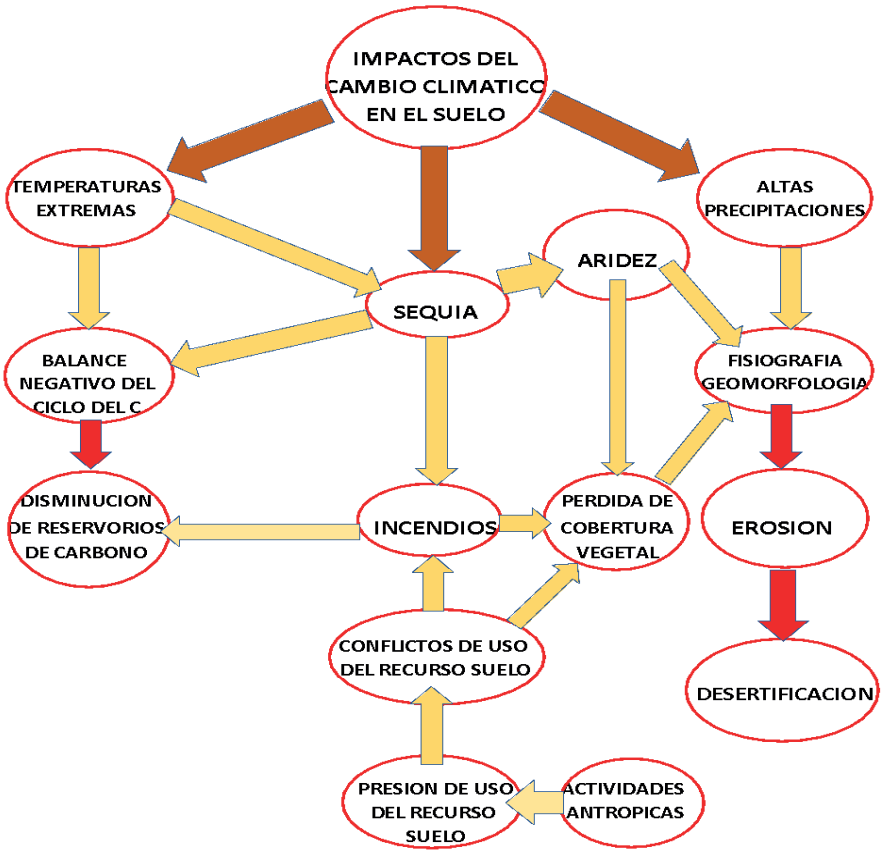
El efecto de variables climáticas como precipitación y temperatura son determinantes en el contenido de nitrógeno y materia orgánica, investigaciones muy antiguas Jenny (1930) y recientes Remigio (2020), reportan relaciones inversas entre temperatura y contenido de materia orgánica, una relación directa asociada a una mayor precipitación con un mayor contenido de materia orgánica, debido a una mayor producción de biomasa vegetal en zonas a mayor altitud y mayor disponibilidad de agua, en zonas relativamente estables, con pendientes menores a 15%, a causa de mayores precipitaciones. Ello se traduce en el mayor contenido de materia orgánica de los horizontes A y B, de los numerosos perfiles de suelos estudiados (Remigio, 2010).

2.6.2. Bases teóricas

SENAMHI (2020), indica que los impactos directos del cambio climático en el suelo se producen debido a temperaturas extremas (altas y bajas), eventos recurrentes de sequía y altas precipitaciones, Remigio (2020) afirma que estos impactos desencadenan una serie de eventos interrelacionados, los cuales determinan una variación en el potencial productivo del suelo.

En la Figura 2.18 se esquematiza el efecto desencadenante de los impactos del cambio climático (Remigio, 2020), donde se observa el efecto individual de cada una de las variables ambientales reconocidas, se puede afirmar que las temperaturas extremas altas, inciden en el balance negativo del ciclo del carbono, debido a que los procesos de descomposición, mineralización y gasto de la materia orgánica son mayores a los procesos de acumulación, disminuyendo de esta manera el potencial de los sumideros de carbono. Son efectos observados *in situ*, pero necesitan ser cuantificados con observaciones sistematizadas, a través de modelos en escenarios climáticos, en tiempos consistentes con la data meteorológica disponible, en cada zona de vida presente en la región Piura.

Figura 2.18. Impactos del cambio climático en el suelo**.**



Fuente: J. Remigio, 2020.

Las sequías, implican una menor oferta hídrica, ello contribuye a una menor acumulación de biomasa en el sistema, el efecto conjunto de la sequía y las temperaturas extremas produce incendios de pastos y bosques, lo cual evidentemente genera la pérdida de la cobertura vegetal, produciendo aridez y una mayor erodabilidad del suelo, por el menoscabo de protección y estructura.

Las precipitaciones estacionales y los eventos FEN, en espacios geográficos áridos, y especialmente en paisajes con escasa cobertura vegetal altamente erosionables, de colinas y montañas, con pendientes mayores a 25 %, producen procesos

geomorfológicos de remoción en masa, que justifican la presencia de niveles de erosión hídrica moderada a severa, con la consiguiente pérdida de la capa arable del suelo, cuantificada en miles de toneladas de partículas de suelo pérdidas por eventos extremos de precipitación. Esto es evidente en las zonas medias y altas de las cuencas de los ríos Chira, Piura y Huancabamba, en la región Piura.

No se debe soslayar la presión que ejercemos a través de nuestras actividades económicas, sobrepasando la oferta ambiental de los recursos naturales; en el caso del suelo, se hace una presión excesiva sobre su potencial de uso, generando con ello conflictos de uso, desestabilización del ecosistema, modificación de la superficie, disminución de la cobertura vegetal, cambio de uso de la tierra, dejando la superficie desprotegida frente a eventos extremos, lo cual genera erosión acelerada o antrópica, ello está conduciendo a que se generen espacios geográficos con signos de desertificación, tal como se observa en campo, principalmente en Ayabaca, Huancabamba y las zonas altas del distrito de Morropón.

2.6.3. Indicadores edáficos relacionados al impacto del cambio climático

En la Tabla 2.8, se muestran cinco indicadores de impacto del cambio climático seleccionados, sobre el recurso suelo, todos ellos presentan variaciones, de acuerdo al análisis cualitativo, con el respaldo cuantitativo de algunos trabajos de investigación realizados en la región Piura.

En la Tabla 2.9, se reportan observaciones inherentes a la erosión del suelo en el distrito de Montero, teniendo en cuenta la información climática y edáfica, se puede determinar el impacto de las variables climáticas en suelos, ubicados en lugares específicos de dicho distrito. El efecto combinado precipitación y pendiente, es determinante en los niveles de erosión, en escenarios de cambio climático el incremento de las precipitaciones es evidente. En un escenario "normal" las lluvias estacionales, tienen una marcada tendencia con la altitud, es decir que hay una estratificación vertical de las precipitaciones, a mayor altitud, mayores precipitaciones, por lo tanto, mayor erosión.

Tabla 2.8. Indicadores de impacto del cambio climático y efecto en el suelo**.**

Indicador	Impacto del cambio climático
Erosión	Incremento
Sedimentación	Incremento
Capacidad de almacenamiento de C (contenido de materia orgánica)	Disminución
Salinización	Incremento
Nivel de fertilidad y potencial productivo	Disminución

Tabla 2.9. Impacto del cambio climático sobre la erosión del suelo.

Serie de suelos	Altitud (m s. n. m.)	Pendiente (%)	Precipitación (mm)	Nivel de erosión	Impacto del cambio climático
Quebrada de agua (Qa)	640	8 - 15	300	Leve	Incremento
Los Horcones (LH)	715	15 - 25	400	Moderada	Incremento
Montero (Mt)	1540	25 - 50	800	Moderada	Incremento
Marmas (Ma)	1756	50 - 75	1200	Severa	Incremento
Pueblo Nuevo (PN)	1663	25 - 50	800	Moderada	Incremento
Pite (Pt)	2368	50 - 75	1200	Severa	Incremento
Los Molinos (LM)	1997	25 - 50	900	Moderada	Incremento
Charán (Ch)	1597	50 - 75	1200	Severa	Incremento

Fuente: Remigio (2020)

En la Tabla 2.10, se muestra el contenido de materia orgánica en diversos lugares del distrito de Montero, el nivel de este parámetro en el suelo tiene una alta correlación con los niveles de fertilidad de los suelos. Los contenidos de materia orgánica corresponden al horizonte A, donde se puede caracterizar el impacto del cambio climático en el nivel de fertilidad y potencial productivo del suelo, directamente relacionado con la disminución en la acumulación de carbono.

Tabla 2.10. Impacto del cambio climático sobre la capacidad de almacenamiento de carbono y el nivel de fertilidad del suelo.

Series de Suelos	Materia Orgánica (%)	Nivel de fertilidad	Impacto del cambio climático
Quebrada de Agua (Qa)	2.29	Bajo	Disminución
Los Horcones (LH)	1.05	Bajo	Disminución
Montero (Mt)	3.83	Medio	Disminución
Marmas (Ma)	4.02	Medio	Disminución
Pueblo Nuevo (PN)	1.97	Bajo	Disminución
Pite (Pt)	1.49	Bajo	Disminución
Los Molinos (LM)	5.80	Medio	Disminución
Charán (Ch)	3.40	Medio	Disminución

Fuente: Remigio (2020)

El SENAMHI (2017) explica la estimación de la pérdida de suelo, basados en la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS), propuesta por Wischmeier y Smith en 1962 y publicada posteriormente en su forma definitiva en el Manual 534 del USDA. El modelo ha tenido éxito en sus aplicaciones a nivel mundial, especialmente en países con problemas de erosión en América Latina.

Investigaciones de Jenny (1960), citadas por Fassbender (1975), proponen relaciones matemáticas para lugares específicos, donde se considera la altitud y la precipitación para determinar el contenido y las variaciones de carbono (C), modelos importantes a tener en cuenta para la cuantificación, en series históricas, del impacto del cambio climático sobre el contenido de carbono.

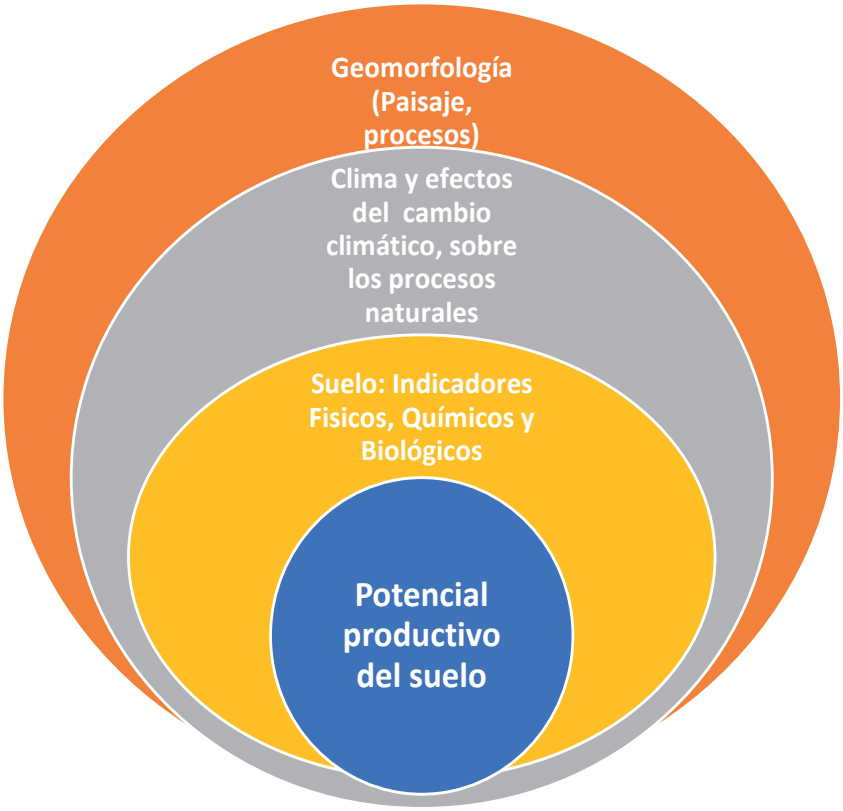
Finalmente, se puede sistematizar los impactos del cambio climático, como se observa en la Tabla 2.11, teniendo como marco general la Región Piura y sus características ecológicas y particularmente edáficas, lo cual justifica la diversidad de escenarios que se presentan, desde la costa árida hasta el bosque pluvial y páramos en las cabeceras de cuenca.

Tabla 2.11. Síntesis de los procesos e indicadores dominantes en los impactos del cambio climático en los suelos de la Región Piura.

Ubicación en cuencas	Geomorfo-logía predominante	Localización de los casos	Procesos dominantes	Indicadores	Parámetros de medición	Parámetros del clima involucrados
Zona media a alta: Chira-Quiroz, Piura-Yapatera. Huancabam-ba	Montañas y colinas	Ayabaca, Frías, Huancabamba, Sondorillo.	Erosión hídrica	Niveles de erosión	Volumen perdido de suelo (Ton/ha)	Precipitación
Zona alta, Altiplanicie: Piura-Yapatera.	Montañas y colinas	Frias	Retroceso de humedales	Reducción de área	Área perdida de humedales (ha)	Temperatura, evapotranspiración
Zona baja a media: Chira-Paita. Querecotillo. Piura-Catacaos.	Planicies	Colán, Cura Mori	Salinización	Niveles de salinidad	Conductividad eléctrica, pH, PSI	Temperatura, evapotranspiración
Transversal a cuencas: Chira-Piura-Huancabamba.	Planicies, colinas y montañas	Regional	Captura de CO_2	Nivel de materia orgánica	Contenido de materia orgánica (%)	Temperatura,

La Tabla 2.11 la podemos relacionar con el esquema propuesto en la Figura 2.19, a tener en cuenta para el modelamiento que se recomienda en cada uno de los escenarios edáficos y climáticos de la región Piura. A partir de dicha Figura, se puede mencionar que en la región Piura la diversidad en la geomorfología y el paisaje están íntimamente ligados a la influencia del clima, especialmente de la precipitación, como un agente modelador de la superficie. El clima define zonas de vida, extremas en la región, desde el desierto superárido tropical hasta el bosque pluvial y el páramo, sumado a ello la naturaleza geológica del material de origen de los suelos, se genera una diversidad de suelos, con propiedades físicas, químicas y biológicas particulares, que los hacen más o menos vulnerables a la erosión. Los efectos del cambio climático influyen sobre los parámetros edáficos, los cuales son determinantes en su potencial productivo.

Figura 2.19. Esquema del efecto de los impactos del cambio climático y el potencial productivo del suelo**.**



2.6.4. Índice de biodiversidad específica de Shannon Wiener

Nolan y Callahan (2006) mencionan que el índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total. De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Con el índice de Shannon Wiener, se puede determinar el impacto del cambio climático, sobre los microorganismos que garantizan la vida en el suelo, como las diversas especies de bacterias, hongos y actinomicetos, que trabajan constantemente en facilitar la disponibilidad de los nutrientes esenciales, para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia)

2.6.5. Índice del potencial productivo del suelo

Postulamos en nuestras hipótesis, que los impactos del cambio climático influyen sobre el potencial productivo del suelo, el cual se define como un concepto integrado que involucra principalmente el nivel de fertilidad del suelo, determinado a través de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El hábitat de las raíces de las plantas es el suelo, debe tener un nivel de humedad óptimo para que las raíces de las plantas puedan absorber los nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. La concentración de los nutrientes debe estar por encima de los niveles críticos necesarios para que las plantas no presenten síntomas de deficiencia, el pH, debe estar cerca a la neutralidad para la mayoría de las especies cultivadas, de lo contrario pueden ocasionar desequilibrios nutricionales. El contenido de materia orgánica debe mantenerse en un nivel medio a alto, para garantizar una fuente natural de nutrientes y energía para

las raíces y para los microorganismos que contribuyen con la nutrición de la planta. La profundidad del suelo es otro factor a tener en cuenta, especialmente en cultivos permanentes o de enraizamiento profundo. Todo ello, y otros factores determinantes, que sean impactados por el cambio climático, influyen en el potencial productivo del suelo (J. Remigio, 2020).

En la Tabla 2.12, se puede observar a los principales aspectos que determinan el potencial productivo del suelo, propiedades que tienen una relación directa con la condición o función del suelo que son influenciados por los impactos del cambio climático

2.7. Hipótesis y variables.

2.7.1. Hipótesis

2.7.1.1. Hipótesis general

El impacto del cambio climático genera una constante disminución del potencial productivo del suelo, como consecuencia de su influencia sobre procesos naturales, como el almacenamiento de carbono, erosión y sedimentación, evapotranspiración y salinización; lo cual se traduce en una degradación acelerada, cuantificada en la variación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.7.1.2. Hipótesis específicas.

- El cambio climático influye sobre la captura de CO_2, debido a que la tendencia del incremento de temperatura acelera los procesos de descomposición y mineralización del C orgánico.
- El cambio climático incrementa los procesos de erosión y sedimentación, debido a la recurrencia de períodos alternados de sequía y altas precipitaciones.
- El cambio climático acelera el proceso de salinización, especialmente en las zonas bajas de las cuencas hidrográficas, debido a la excesiva evapotranspiración que incrementa el ciclo de salinización.
- Escenarios de altas temperaturas y sequías, promueven una combustión acelerada de la materia orgánica acumulada, pérdida de fertilidad y estructura del suelo, así como una mayor vulnerabilidad física, debido a la erosión hídrica y eólica
- Integrados los impactos anteriores, el cambio climático disminuye el potencial productivo del suelo.

Tabla 2.12. Propiedades del suelo y su relación con el potencial productivo del suelo, influenciados por el cambio climático**.**

Clase de propiedades	Propiedades	Relación con la condición y función del suelo
Físicas	Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos, erosión del suelo.
	Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado, productividad y erosividad.
	Capacidad retentiva de humedad	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad, humedad aprovechable, textura y materia orgánica.
Químicas	Materia orgánica (C y N total)	Define la fertilidad del suelo, estabilidad, erosión.
	pH	Define la actividad química y biológica.
	Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana.
	N, P y K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para las plantas, pérdida potencial de N, productividad e indicadores de calidad ambiental.
Biológicas	C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica.
	Respiración, contenido de humedad y temperatura.	Mide la actividad microbiana, estima la actividad de la biomasa.

2.8. Metodología.

2.8.1 Generalidades

Se ha realizado un diagnóstico preliminar, descriptivo y cualitativo, de acuerdo a las evidencias encontradas en campo y al respaldo de algunos trabajos de investigación que se han realizado en las últimas décadas en la Región Piura. Igualmente se ha elaborado un teniendo en cuenta variables dependientes, variables independientes y los indicadores y parámetros directa o indirectamente afectados por el cambio climático.

Para el diagnóstico, en el mediano plazo, se recomendará una metodología que permita obtener datos cuantitativos y análisis detallados y confiables, acerca de cómo afectarían los escenarios de cambio climático al recurso suelo y los procesos que en él

ocurren. Para ello se debe tomar como base las proyecciones climáticas propuestas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), ajustados a los modelos construidos a través de capas climáticas mundiales (WorldClim) y Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS-Clima), y al modelo de cambio de uso del suelo derivado del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) e imágenes de Landsat generadas con los Módulos para Simulaciones de Cambio de Uso del Suelo (MOLUSCE) del sistema de geoinformación QGIS (Quipuscoa *et al.*, 2019).

2.8.2. Metodología propuesta en la investigación

Cuantitativa.

Tipo de investigación.

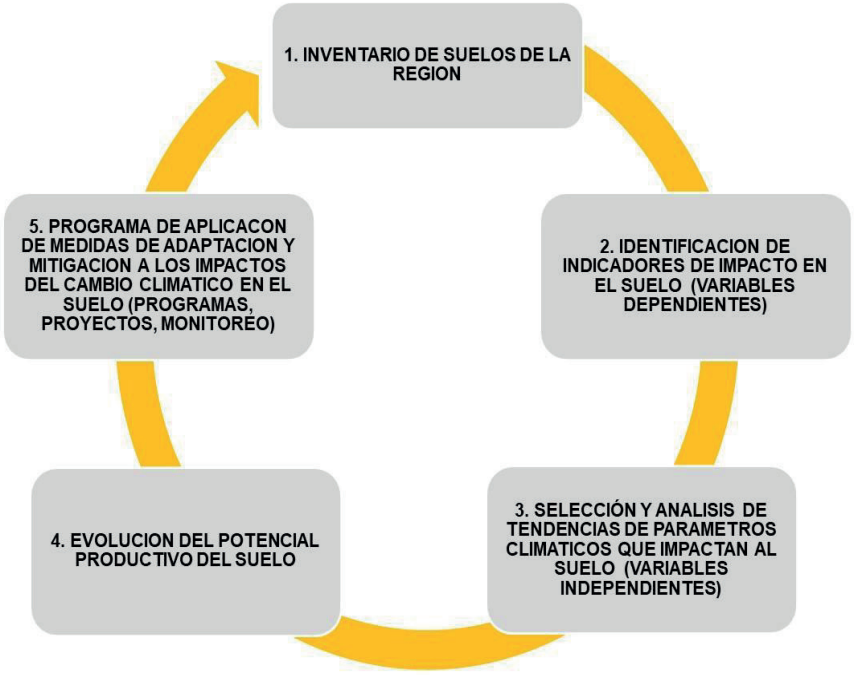
Descriptiva.

Diseño de investigación.

La investigación para el diagnóstico se propone en 5 etapas, en una secuencia lógica, en función de la disponibilidad de la data necesaria, tal como se puede apreciar en la Figura 2.20.

- Inventario de los tipos de suelo en la Región Piura (Taxonomía y Capacidad de Uso Mayor de la Tierra).
- Selección de indicadores involucrados en la determinación del potencial productivo del suelo.
- Selección de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, sensibles a los impactos del cambio climático.
- Selección de las variables climáticas que están involucradas en procesos que afectan el potencial productivo de los suelos.
- Armonización de variables de suelo y clima (variables dependientes e independientes).
- Valoración del potencial productivo de los suelos.

Figura 2.20. Esquema para el diagnóstico de los impactos del cambio climático en el recurso suelo.



2.8.3. Población y muestra.

Taxonomía de suelos

La población de los diversos tipos de suelos se cuantifica de acuerdo a las investigaciones realizadas en taxonomía de suelos en la región Piura, descrita por Remigio (2010), los suelos se han clasificado en siete órdenes, dieciséis subórdenes, veintiún grandes grupos, treinta y cuatro subgrupos, numerosas familias y series de suelos, que se van incrementando a medida que se van realizando nuevos estudios de suelos y/o actualizando los ya existentes. Estudios de actualización del inventario de suelos existente, permitirán descubrir nuevos subórdenes, grandes grupos, subgrupos, familias y series, surgidos a consecuencia del cambio climático, es pertinente indicar que en Piura hay siete de los doce órdenes de suelos existentes en el mundo.

El potencial de uso de la tierra, determinado mediante la clasificación por capacidad de uso mayor de la tierra (CUMT), tiene un enfoque preventivo en su aplicación, contribuye a prevenir los efectos del cambio climático y la alta presión antrópica sobre el suelo y su entorno, evitando la degradación de los ecosistemas. Los estudios de CUMT realizados hasta la fecha son un punto de partida para ser

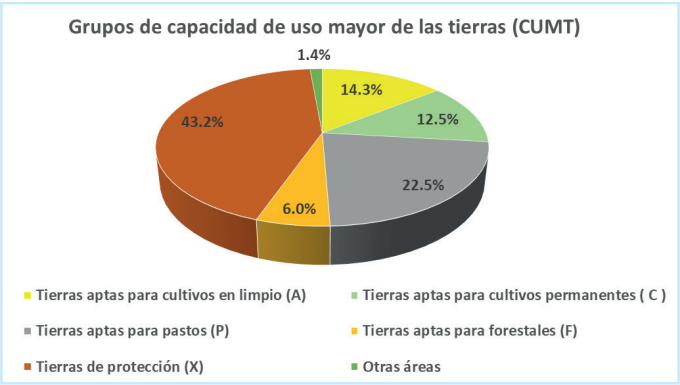
actualizados y observar cómo es que el cambio climático haría variar el potencial de uso de la tierra. En la Región Piura, presenta un panorama favorable, y tiene aún un amplio horizonte de incremento de la frontera agrícola. En la Región Piura se cuenta con los cinco grupos de CUMT, ocho clases y veinticuatro subclases, las tierras de mayor valor económico son las tierras de clase A1, aptas para cultivos en limpio, de calidad agrológica alta y sin limitaciones edáficas y ambientales.

En la Tabla 2.13 y Figura 2.21, se puede apreciar que el territorio regional es de 3 575 750,75 hectáreas, donde podemos resaltar que 959 689,07 hectáreas (26,8%) tienen potencial para cultivos en limpio y cultivos permanentes, sin embargo, actualmente usamos 244 924 hectáreas o sea solo el 25.5 % de todo el potencial que tenemos para cultivos alimenticios, industriales, frutales, etc.

Tabla 2.13. Área (hectáreas) según grupos de capacidad de uso mayor de la tierra en la Región Piura.

Grupo de capacidad de uso mayor de la tierra	Área (ha)	%
Tierras aptas para cultivos en limpio (A)	511 643.22	14.3 %
Tierras aptas para cultivos permanentes (C)	448 045.85	12.5 %
Tierras aptas para pastos (P)	805 763.02	22.5 %
Tierras aptas para forestales (F)	214 725.44	6.0 %
Tierras de protección (X)	1 544 842.62	43.2 %
Otras áreas	50 730.60	1.4 %
Total	3 575 750.75	100.0 %

Figura 2.21. Universo de suelos en la región Piura, en función de su Capacidad de Uso Mayor de la Tierra.



2.9. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.

Los aspectos administrativos, esquematizados en la Tabla 2.15, para la organización de un estamento colegiado que afronte las decisiones para investigar y ejecutar acciones para enfrentar los desafíos del cambio climático, deben involucrar a las principales entidades tanto públicas como privadas del ámbito regional, teniendo en cuenta las funciones y el rol que les ha sido asignado por ley. Dichas instituciones, deben contribuir a través de la implementación de políticas públicas, presentes o futuras, en programas y proyectos que consideren la adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático.

Tabla 2.15. Aspectos administrativos y rol de la institucionalidad regional.

Entidad	Funciones	Rol
Universidad Nacional de Piura (UNP) Facultad de Agronomía	Enseñanza Investigación Responsabilidad Social	Investigación Capacitación
Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	Investigación	Investigación Capacitación
Universidad de Piura (UDEP)	Enseñanza Investigación	Investigación Capacitación
Colegio de Ingenieros del Perú (CIP). Consejo Departamental Piura. Capítulo de Ingenieros Agrónomos.	Capacitación	Difusión y capacitación.
Gobierno Regional de Piura (GRP) Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente.	Desarrollo Regional Protección del ambiente	Formulación, gestión y ejecución de proyectos de inversión pública (PIP)
Dirección Regional de Agricultura (DRA.P)	Promoción del desarrollo agrario	Formulación, gestión y ejecución de PIP.
Entidades privadas	Responsabilidad Social	Inversión en proyectos de desarrollo social y protección ambiental

CONCLUSIONES

El diagnóstico preliminar, permite identificar sectores muy vulnerables, a los impactos del cambio climático sobre el recurso suelo en:

- Las vertientes montañosas, sujetas a niveles de erosión severa, con pendientes mayores a 25%, en altitudes superiores a 700 msnm.
- Los páramos, donde existe una alta biodiversidad y capacidad de acumulación de agua, son las áreas con mayor capacidad como sumideros de carbono. En dicho espacio hay una mayor presión para el cambio de uso de la tierra.
- Los humedales de las zonas de mayor altitud en la región, 3000 a 3600 m s. n. m., los cuales se encuentran con tendencia a un retroceso significativo y a una probable desaparición.
- Las zonas bajas de las principales cuencas, Chira y Piura, sujetas a salinización acelerada por efectos del incremento de la evapotranspiración que le imprime mayor velocidad al ciclo de salinización.
- Sectores bajos de las cuencas Chira y Piura, sujetos a inundaciones como resultado del efecto combinado erosión en cuencas altas y sedimentación en los cauces de las cuencas bajas.
- Las áreas correspondientes al bosque seco, sujetas a permanente deforestación y cambio de uso de la tierra, donde la regeneración natural es menor a la pérdida.
- Toda la región Piura, en escenarios de altas temperaturas y sequías, debido a la mayor combustión de la materia orgánica acumulada, es impactada por una pérdida de estructura del suelo, así como una mayor erosividad hídrica y eólica.
- El cambio climático influye sobre la captura de CO_2, debido a que la tendencia del incremento de temperatura acelera los procesos de descomposición y mineralización del C orgánico.
- El cambio climático incrementa los procesos de erosión y sedimentación, debido a la recurrencia de períodos alternados de sequía y altas precipitaciones.
- El cambio climático acelera el proceso de salinización, especialmente en las zonas bajas de las cuencas, debido a la excesiva evapotranspiración que dinamiza el ciclo de salinización.
- Integrados los impactos anteriores, el cambio climático disminuye el potencial productivo del suelo y los servicios ambientales que brinda.

RECOMENDACIONES

Desarrollar medidas de gestión adaptativa en el territorio regional, lo cual permitirá la protección de los servicios ecosistémicos del recurso suelo, ante los efectos del cambio climático. De acuerdo a experiencias en curso en otros países, se recomienda ir paso a paso, tal como lo propone la Junta de Andalucía (2021):

- ¿Cuáles son los problemas de ese territorio?
- Recogida de datos para diseñar modelos científicos
- Análisis e interpretación de los datos
- Toma de decisiones en base a los datos recabados y diseño de acciones
- Aplicación de la acción en el territorio
- Evaluación de los resultados de la acción
- Establecer una red de observatorios de los impactos del cambio climático en el suelo, relacionados con la erosión y la capacidad de almacenamiento de carbono, en áreas vulnerables como: los páramos y los bosques húmedos de neblina, las cabeceras de cuencas, en las provincias de Ayabaca, Huancabamba y Morropón; así como en el bosque seco.
- Implementar una red de observatorios de los impactos del cambio climático en el suelo, relacionados con la salinización y retroceso de la frontera agrícola en la Región Piura.
- Diseñar, gestionar, implementar y operar un sistema de alerta temprana para inundaciones y procesos geomorfológicos de remoción en masa, como mecanismo de prevención, adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático.
- Promover trabajos de investigación relacionados con el impacto del cambio climático y la biodiversidad del suelo.
- Promover trabajos de investigación relacionados a la valoración económica ecológica de los impactos del cambio climático en la erosión y sedimentación, salinización, pérdida de capacidad de acumulación de carbono, inundaciones.
- Promover la difusión de información, e incidencia en la toma de decisiones, así como en la planificación socioeconómica, el conocimiento generado en el diagnóstico de los impactos del cambio climático en el suelo y los recursos naturales, asociados a la producción agrícola en la Región Piura.

REFERENCIAS

AACHCHP. (2008). *Plan de Gestión de la Cuenca del río Piura (Herramienta actualizada que orienta el uso racional de sus recursos naturales, especialmente agua, suelo y cobertura vegetal).* Documento borrador final.

CONAM, SENAMHI. (2005). *Escenarios de cambio climático en el Perú al 2050. Cuenca del río Piura. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), Unidad Ejecutora del Programa PROCLIM. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).* Fondo editorial del CONAM. Primera edición. Diciembre de 2005.

DIARIO OFICIAL *EL PERUANO*. (2010). Decreto Supremo N.º 013-2010-AG. Reglamento para la Ejecución de Estudios de Levantamiento de Suelos. Lima (20/11/2010). pp. 429454 - 429462.

DIARIO OFICIAL *EL PERUANO*. (2009). Decreto Supremo N.º 017-2009-AG. Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. Lima (02/09/2009). pp. 401820-401837.

FAO-PNUMA-UNESCO. (1990). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.* Roma, Italia. 86 p (1990, FAO-PNUMA-UNESCO.) (1990, FAO-PNUMA-UNESCO.) (1990, FAO-PNUMA-UNESCO.)

Fassbender H. (1975). *Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).* Primera Edición. Costa Rica.

Futureearth (2017). *Research for global sustainability. New reléase. Global carbon dioxide emissions are set to rise after three stable years*. This media release is part of the Global Carbon Budget 2017, the annual update by the Global Carbon Project.

GRP. (2010). *Zonificación Ecológica Económica en la Región Piura.* Gobierno Regional de Piura, Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Informe y mapas temáticos.

Jenny, H. (1960). Comparison of soil nitrogen and carbon in tropical and temperate regions. Missouri Agricultural Experiment Station. *Research Bulletin* Nº 765. 130 p.

Junes, D. (2013). *Sedimentación del reservorio Poechos y propuesta de alternativas para su afianzamiento.* Proyecto Especial Chira Piura. 22 p.

Junta de Andalucía–UICN. (2021). *Gestión adaptativa para la protección de los servicios ecosistémicos en espacios naturales, LIFE ADAPTAMED (LIFE14 CCA/ES/000612).* Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. Centro de Cooperación del Mediterráneo de UICN.

Lapeyre A. J. (2017). *Contaminación de los suelos por sales.* Fondo de publicaciones del Colegio de Ingenieros del Perú. Primera edición.

Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses.* 2nd. edition. V 1: chilling, freezing and high temperature stresses. V 2: water stress, dehydration and drought injury. Academic Press. 607 p.

MINAGRI. (2011). *Mapa de erosión de suelos del Perú. Nivel exploratorio.* Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA). Dirección de Evaluación de Recursos Naturales (DERN).

Montico, S. (2010). Impacto del cambio climático sobre los suelos. Rev. Agromensajes, FCA UNR, Nº 28. Cátedra Manejo de Tierras, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Morales César, Guillermo Dascal y Zoraida Aranibar (2010). *Estudio de los costos de la desertificación y degradación de las tierras en el departamento de Piura.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del proyecto GER/12/011 ejecutado por la CEPAL.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), España. (2016). *Impactos del cambio climático en los procesos de desertificación en España.* Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: http://publicacionesoficiales.boe.es

Nolan, K.A. and J.E. Callahan. (2006). Beachcomber biology: The Shannon-Weiner Species Diversity Index. Pages 334-338, in *Tested Studies for Laboratory Teaching*, Volume 27 (M.A. O'Donnell, Editor). Proceedings of the 27th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 383 pages.

ONERN. (1978). *Inventario y evaluación de los recursos naturales de la cuenca del río Quiroz y margen izquierda del río Macará.* Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.* Naciones Unidas. 25 p.

Pinchao, J. (2013). *Estimación del potencial productivo del suelo (PPS) en un cultivo de maíz (Zea mayz) afectado por salinidad en dos municipios del valle del Cauca, Colombia.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional del Valle. Facultad de Ingeniería Agrícola.

Proyecto Especial Chira-Piura. (2018). *Batimetría del Embalse Poechos. Dirección de Operación y Mantenimiento.* Documento de Trabajo. Piura: PECHP.

Pulido, L. (2016). *Cambio climático, ensalitramiento de suelos y producción agrícola en áreas de riego. Versión On-line* ISSN 2395-8030. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

Quipuscoa, V.; M. O. Dillon; Í. Treviño; M. Balvin; A. Mejía; D. Ramos; K. Durand; D. Montesinos. (2019). Impacto de los cambios climáticos y uso de suelo, en la distribución de las especies de géneros endémicos de Asteraceae de Arequipa. Arnaldoa 26 (1): 71 - 96. http://doi.org/10.22497/ arnaldoa.261.26105.

Remigio J. (2010). Estudio de capacidad de Uso Mayor de La Tierra en la Región Piura. En *Zonificación Ecológica Económica para la Región Piura*. Gobierno Regional de Piura. Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Remigio J, Colán J. (2017). *Efectos de la salinidad sobre índices de Rendimiento en Banano Orgánico Valle del Chira. Piura.* Trabajo de investigación en el proyecto de inversión pública Banano Orgánico. Departamento Académico de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. 143 pp.

Remigio J. (2020). *Indicadores ambientales en relación con el suelo y los impactos del cambio climático. Distrito de Montero, Piura. Colaboración en el estudio "Potencial de Ecodesarrollo, inventario y evaluación de los recursos: agua-suelo-planta- atmósfera y capacitación de los agricultores frente al cambio climático-Montero- Ayabaca 2021*. Oficina Central de Investigación (OCIN). Universidad Nacional de Piura. Perú. 152 pp.

Remigio J. (2021). *Módulo del curso de fertilidad de suelos. Teoría y prácticas.* Departamento académico de suelos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Piura. Perú. 168 pp.

Rivera, J. (2021). Conservando los páramos de la sierra de Piura. Conexión COP con el apoyo de Earth Journalism Network, con el objetivo de fomentar la cobertura de los temas de cambio climático y adaptación en las regiones de Perú.

Sabino, E.; Lavado W. y Aybar C. (2019). Estimación de las zonas de vida de Holdridge en el Perú, formato: Artículo científico. Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología Del Perú–Senamhi. Dirección de Hidrología -DHI. Diciembre de 2019.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2020). Datos históricos de variables climatológicas. Base de Datos.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú–SENAMHI (2017). *Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI Nota Técnica N.º 002. Dirección de Hidrología. Jesús María–Lima, Perú.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2004). *Caracterización climática Cuenca del río Piura.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI, Jesús María–Lima, Perú. Primera edición. Editado en la Dirección de Climatología del SENAMHI.

Solomon, S., et al. (2007). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. United Kingdom-New York. 996 p.

Stevenson F. (1985). Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. Department of Agronomy University of Illinois. A Wiley Interscience publication. USA.

Torres, L. (2010). Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región Piura-Perú. Caso: principales productos agroexportables. Consorcio de investigación económica y social (CIES), Universidad Nacional de Piura. 102 pp.

Vargas, F. (2004). Evaluación de los niveles de salinidad en el Valle del Bajo Chira, Pueblo Nuevo de Colán. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Departamento Académico de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. 125 pp.

Wischmeier WH, Smith DD. (1978). Predicting rainfall erosión losses. doi: 10.1029/TR039i002p00285.

Yepes, Adriana; Silveira Buckeridge, Marcos. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. Colombia Forestal, vol. 14, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 213-232 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.

Zorogastúa P. Quiroz R. Garatuza J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura–Perú. Ecología Aplicada, 10(1), 2011. ISSN 1726-2216. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

3. Efecto del cambio climático en la biodiversidad de la Región Piura

Marco E. Nevado Burgos
César Talledo Mendoza

Introducción

En la Región Piura, la biodiversidad incluye todas las formas de vida que forman la flora y fauna tanto terrestre como marina. Este concepto no se refiere solamente a especies individuales, por el contrario, abarca a los ecosistemas, las especies, las diferentes estructuras genéticas de los seres vivientes y las diferentes formas de vida que constituyen la vida microbiana de los suelos. La riqueza de la biodiversidad no se conoce debido a que no existe un inventario o registro de las diferentes expresiones de vida, ni mucho menos existe un catálogo que permita conocer las características de cada una de estas.

La importancia de la biodiversidad radica en el hecho que la variabilidad genética, base de la biodiversidad, ha permitido la existencia y conservación de las especies a través del tiempo y representa la fuente de origen para la creación de variedades que permiten el desarrollo agrícola y la producción de alimentos para una población con crecimiento exponencial. La agricultura depende de la biodiversidad y diversas especies animales y vegetales dependen de un sistema agrícola donde las prácticas de cultivo representan un balance entre la explotación y uso planificado de la biodiversidad, los ecosistemas y los recursos naturales minimizando el impacto negativo en el medioambiente.

La intensidad de la actividad agrícola en la Región Piura ha causado la ampliación de las áreas agrícolas para cubrir la demanda de productos en el mercado local y exportación. Este hecho ha motivado la invasión y destrucción de ecosistemas y la pérdida de los hábitats naturales en perjuicio de la conservación y mantenimiento de la biodiversidad. La invasión y cambio de uso de los ecosistemas provoca la destrucción del medioambiente por la eliminación de especies, alteración de la biodiversidad del suelo, aumento en la aplicación de fertilizantes y el incremento de la liberación de gases

contaminantes de la atmósfera, problemas de erosión y cambios en el comportamiento de insectos plagas y enfermedades. Algunas de estas consecuencias se convierten en elementos contribuyentes al efecto negativo del cambio climático.

En la Región Piura no existe la infraestructura para estudiar, identificar, clasificar, caracterizar, y conservar la biodiversidad como material genético indispensable en la búsqueda de adaptación a los cambios ambientales. Finalmente, el cambio climático altera las condiciones ambientales originando que las especies y poblaciones puedan perderse si no son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones de clima.

3.1. Planteamiento del problema

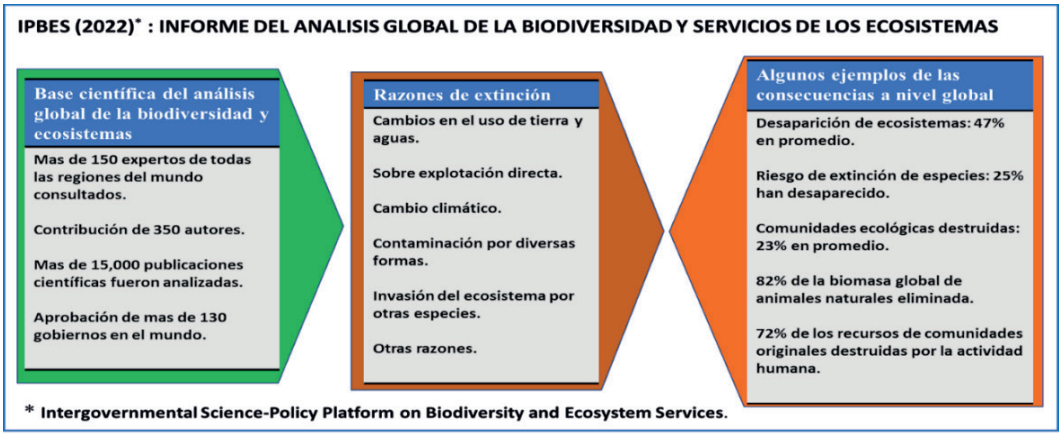
3.1.1. Determinación del problema

En la Región Piura la biodiversidad es devastada a través de la sobreexplotación, destrucción de árboles y bosques, eliminación de especies animales y vegetales, incendios forestales, contaminación, traslado de especies y destrucción de los hábitats naturales por la incorporación indiscriminada de tierras a la explotación agrícola sin planificación ni estudios. La biodiversidad representa la riqueza y diversificación de todas las formas de vida existentes en la región y no se refiere, justamente, a una especie representativa de la flora o fauna, por el contrario se entiende como la variedad de ecosistemas, conjunto de especies animales y vegetales que representan la fuente de genes y por lo tanto la variabilidad genética de incalculable valor e importancia para el desarrollo de nuevas variedades que respondan al efecto negativo del cambio climático y puedan mantener el volumen y calidad de la producción de alimentos para una población que tiene crecimiento exponencial.

A nivel mundial existe preocupación por la extinción de la biodiversidad como lo describe el informe "The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2022.) y menciona que la biodiversidad como la variabilidad dentro y entre especies y existencia de ecosistemas se encuentra en proceso de extinción más rápidamente que en cualquier tiempo de la historia de la humanidad. La Figura 3.1. resume y describe las evidencias científicas que apoyan el correspondiente análisis sobre la situación de la biodiversidad y ecosistemas, describe las razones o causas del riesgo en el que se encuentra la biodiversidad y, finalmente, las consecuencias que se originan debido a la actividad humana.

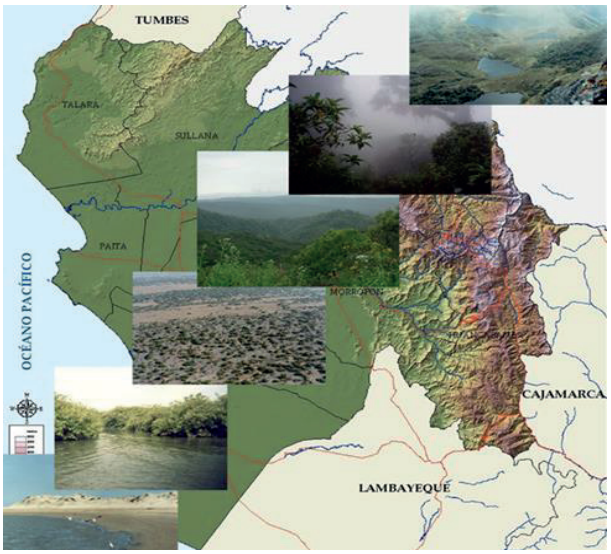
La relación entre biodiversidad y cambio climático permite establecer que el cambio climático amenaza la biodiversidad y al mismo tiempo el conocimiento de la biodiversidad podría reducir el efecto negativo del cambio climático. Actualmente, existen evidencias que el cambio climático afecta el mantenimiento de la biodiversidad y continuará ocurriendo en el futuro. Consecuencias del efecto del cambio climático en la biodiversidad y los ecosistemas incluye: cambios en la distribución de las especies, incremento de las razones de extinción, cambios en los tiempos de reproducción y desarrollo de las especies y cambios en los períodos de crecimiento de las plantas. Por lo expuesto, el riesgo de extinción de las especies vegetales se incrementa en la Región Piura.

Figura 3.1. Deterioro global en la naturaleza con énfasis en la extinción de la biodiversidad**.**



La conservación de la biodiversidad en la Región Piura no debe estar relacionada únicamente a las áreas naturales, debe estar relacionada a la actividad agrícola la cual puede contribuir a la conservación de la biodiversidad a través de un sistema eficiente y consistente de uso y manejo de los recursos naturales como agua, suelos, aplicación y uso de avances tecnológicos en la fertilización de áreas productivas, así como un control integrado de plagas y enfermedades. La Figura 3.2. muestra los diferentes ecosistemas con que cuenta la Región Piura.

Figura 3.2. Diferentes ecosistemas en la Región Piura



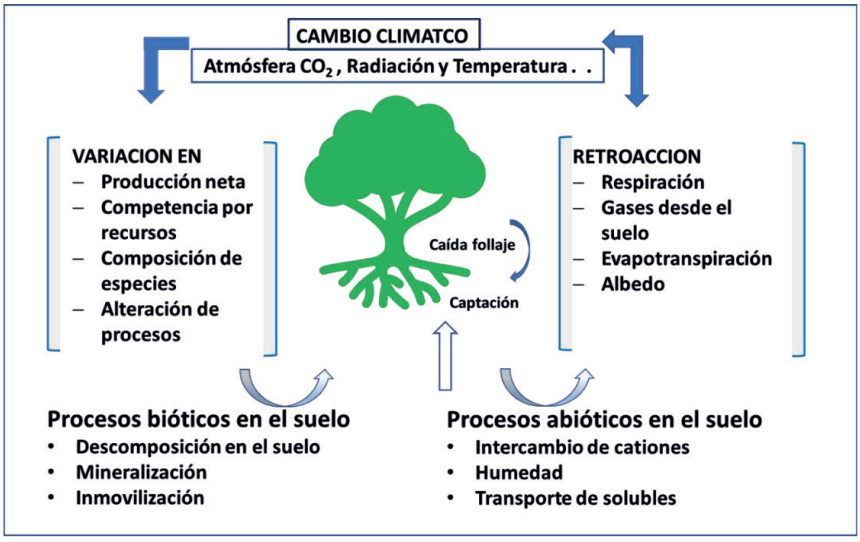
Fuente: Gobierno Regional Piura

El cambio medioambiental global (incremento de CO_2 en la atmósfera asociado a fragmentación y pérdida de los hábitats naturales) se incrementará lo cual generará un cambio rápido en los ecosistemas. Las redes complejas de interacciones bióticas tales como depredación, parasitismo y polinización tienen un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad, respuesta de los ecosistemas al cambio medioambiental y en la estabilidad de los servicios de los ecosistemas (Tylianakis, *et al.*, 2008).

La absorción de minerales, nutrientes y agua, cambio de follaje de las plantas, absorción de la energía solar para la formación de carbohidratos que permiten el crecimiento y desarrollo de la planta (respiración) son dependientes de la concentración de CO_2 en la atmósfera y de la temperatura ambiental. Los procesos de transpiración y evaporación desde la superficie de las plantas igualmente dependen de la temperatura y CO_2. Los procesos bióticos y abióticos en el suelo están afectados por el cambio climático. Como resultado el cambio climático cambia la producción, composición de las especies y la competencia por recursos. Consecuentemente, los servicios que se obtienen de los ecosistemas tales como productos forestales, biodiversidad, composición de especies, recursos suelo y agua y actividades de recreación se ven afectados (Amedie, 2013). En la Figura 3.3. se explica la relación de los procesos en las plantas y ecosistemas afectados por el cambio climático.

El conocimiento de asociación entre la producción agrícola y la biodiversidad, así como, la existencia de muchas especies de animales y plantas dependen de la continuidad y estabilidad de los sistemas agrícolas y es fundamental en el enfoque para definir la adaptación de la agricultura a los efectos del cambio climático. Este enfoque se basa en el uso eficiente de la agro-diversidad y reducción a corto plazo del riesgo de producción por el uso racional de los componentes de los ecosistemas.

Figura 3.3. Diagrama de los procesos en plantas y ecosistemas afectados por el cambio climático**.**



Actualmente, en la Región Piura no existe un inventario oficial de la flora y fauna regional. El Gobierno Regional Piura (2012) describe la flora como diversa debido a la gran cantidad de hábitats, la gradiente altitudinal, la convergencia de zonas de endemismo y regiones biogeográficas. Igualmente, indica que existe un número alto de endemismos y especies amenazadas, y comenta que si bien los estudios sobre la fauna de la región datan por lo menos desde finales de 1800, los inventarios de fauna con mayor detalle para diferentes zonas de la región son generados a partir de los años 1970 por universidades extranjeras y/o universidades de Lima (University of Kansas, Florida Museum of Natural History, Museum of Comparative Zoology Harvard University, Museum of Natural Sciences Louisiana State University y el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Marcos). A partir de finales de la década de los 90, los esfuerzos de investigación en fauna empiezan a ser desarrollados más por universidades nacionales y algunos la Universidad Nacional de

Piura, haciéndose más comunes en los últimos 5 años, evaluaciones en biodiversidad impulsadas por ONG e investigadores locales.

El informe del Gobierno Regional Piura no describe la flora y fauna de la región ni se mencionan acciones concretas para la conservación de la biodiversidad, aun cuando le corresponde por ley.

En el año 2008, el Gobierno Regional Piura, bajo el marco de la Política Ambiental Nacional (Decreto Supremo 012-2009-MINAM) y Regional (O.R. 077-2005/GRP-CR), crea el Sistema Regional de Conservación de Áreas Naturales de Piura que se constituye en el instrumento de gestión política, funcional, administrativa y financiera de la conservación *in situ* de la diversidad biológica en el ámbito político del Gobierno Regional Piura, incluyendo sus zonas marinas, marino–costeras y los territorios insulares.

Hocquenghem (2001) describe las características del bosque seco en la Región Piura en dos formaciones vegetales o bosques secos distintos: el zapotal-algarrobal por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, y el ceibal por encima de este límite. La primera formación la caracterizan los zapotes y algarrobos, sin embargo, se encuentra otros árboles llamados faiques, angolos, charanes, oberales, huarangos, palos verdes, uña de gato, olmos, papelillos y otras especies de arbustos como cuncun, vichayos, borracheras, yucas de caballo y yucas de monte. En la segunda formación predominan los ceibos, pero se encuentran otras especies como pasallos, faiques, hualtacos, palosantos, guayacanes, barbascos, almendros, charanes y overos. La Figura 3.4. muestra la constitución básica del bosque seco.

Figura 3.4. Constitución básica del bosque seco de llanura por debajo de los 500 msnm donde predominan los algarrobos.



Actualmente, no se conoce un inventario de estas especies y no existen artículos técnicos en la Región Piura sobre las poblaciones, características taxonómicas, inventario, banco de semillas y conservación, ni descripción genética que los mejoradores de plantas puedan usar para la correspondiente conservación de las especies mencionadas.

Otivo (2008) indica que los bosques secos de Piura cubren una extensión de más de 2 millones de hectáreas y describe el valor económico total del bosque, los productos como algarrobo, overo, sapote, cuncunaromo, satuyo, faique y charamusco, al igual que los servicios ambientales que se logran del bosque. No se menciona una descripción taxonómica, características morfológicas, poblaciones ni riesgo de extinción de las especies señaladas.

Dedios y Rodriguez (2009) mencionan que el cambio climático afecta millones de personas y podría afectar a aquellas que se desarrollan en áreas vulnerables en las zonas rurales de aptitud agrícola, perspectiva que es de gran preocupación al ser la agricultura un elemento crucial para afrontar la pobreza y la seguridad alimentaria. Igualmente, señalan que la deforestación ha destruido gran parte del bosque seco del noroeste peruano y que actualmente se salinizan 160 mil ha de tierras agrícolas.

El mismo informe incluye una lista de las especies que habitan en el bosque seco clasificadas como: a) arbóreas: Algarrobo *(Prosopis pallidae)*, Pasallo *(Eryotheca ruizii)*, Faique *(Acacia macracantha)*, Palo verde *(Parkinsonia aculeata)*, Haultaco *(Loxopterygium huasango)*, Palo santo *(Bursera graveolens)*, Charan *(Caesalpinea paipai)*; b) arbustos: Overo *(Cordia lutea)*, Bichayo *(Capparis ovalifolia)*; c) herbáceo: *Aristida sp, Eragrotis sp*. Sin embargo, no se incluye una descripción de las características de las especies, distribución geográfica, poblaciones, ni estado de riesgo de extinción como parte de la destrucción de la biodiversidad que ocurre en la Región Piura; tampoco se mencionan políticas ni acciones para proteger la biodiversidad.

THE IPBES-IPCC (The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021) establece que el clima y la biodiversidad están interconectadas y que su futuro dependerá de la actividad humana. La protección de la biodiversidad, mitigar el efecto negativo del cambio climático y promover una aceptable calidad de vida y alimentación son las iniciativas del Plan Estratégico para la Biodiversidad (2011-2021) de la Convención en Diversidad Biológica (CBD) del Acuerdo de París. Perú ha firmado y es parte activa del Acuerdo de París por lo tanto la protección de la biodiversidad es un mandato para garantizar la sobrevivencia y alimentación de la población peruana.

El Gobierno Regional Piura (2012) por Decreto Supremo 012-2009-MINAM y Ordenanza Regional O.R. 077-2005/GRP-CR tiene la responsabilidad de enfrentar el riesgo de destrucción de la biodiversidad regional. La ausencia de decisiones y acciones en cuanto a normas, políticas y acciones puede generar una doble crisis por el efecto negativo del cambio climático y la destrucción de la biodiversidad que comprometen el futuro de la agricultura de la Región Piura y el deterioro de la producción de alimentos.

La pérdida de la biodiversidad en la Región Piura es un problema significativo con daño irreversible y debe ser prioridad para científicos, responsables de normas y leyes, instituciones académicas y centros de investigación agrícola. Las especies están desapareciendo a un ritmo creciente y la mayoría de las depredaciones se deben a la actividad humana sin que existan acciones concretas de protección a la biodiversidad en su totalidad. La pérdida y destrucción de los hábitats que es el resultado de la actividad humana, sistemas de corrupción existentes y el crecimiento poblacional son las mayores fuerzas de pérdida de especies y ecosistemas.

Alteraciones en la composición de los ecosistemas tales como el decrecimiento de especies pueden llevar a la pérdida de la biodiversidad como ocurre, por ejemplo, con la aplicación indiscriminada de pesticidas. La introducción de especies exóticas puede alterar el ecosistema y afectar a las poblaciones nativas de plantas y animales por competencia interespecífica o cruzamiento entre ellas. La sobreexplotación de especies como ocurre con la tala indiscriminada y la contaminación causadas por el hombre pueden afectar todos los niveles de la biodiversidad.

En la Región Piura no existe la infraestructura para estudiar, identificar, clasificar, caracterizar, y conservar la biodiversidad como material genético indispensable en la búsqueda de adaptación a los cambios ambientales. Finalmente, el cambio climático altera las condiciones ambientales originando que las especies y poblaciones puedan perderse si no son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones de clima.

3.1.2. Formulación del problema

La biodiversidad que incluye los recursos genéticos vegetales representa el material básico a partir del cual los mejoradores de plantas pueden desarrollar nuevas variedades con características deseables tanto para los productores como para los mejoradores (rendimiento y calidad, estabilidad de rendimiento, semillas, resistencia a enfermedades y plagas, adaptación a condiciones extremas de clima, etc.) como alternativa en el proceso de adaptación de la agricultura de la Región Piura al efecto negativo del cambio climático.

La biodiversidad en la Región Piura se encuentra en proceso de extinción porque no existe una infraestructura de conservación de recursos genéticos y no existe protección por parte de quienes tienen la responsabilidad de enfrentar el riesgo de destrucción de la biodiversidad regional debido a la ausencia de decisiones y acciones en cuanto a normas, políticas y acciones. La ocurrencia de otros factores como el crecimiento poblacional, los cambios de uso de la tierra, la deforestación indiscriminada, la creación de urbanizaciones en áreas agrícolas, los desarrollos industriales y comerciales y actualmente la contaminación ambiental que origina el cambio climático son la causa, en gran escala, de la extinción de especies de plantas que podrían contribuir a la formación de cultivares adaptados a las nuevas condiciones de clima originadas por el cambio climático.

La agricultura en la Región Piura es una de las actividades productivas más importantes y no debe observarse como un simple sistema de producción de alimentos, por el contrario, debe mirarse como fuente que genera una forma de vida para el agricultor y para quienes no son agricultores. Por lo tanto, conservar las especies cultivadas y las especies que podrían cultivarse, representadas por la biodiversidad, es el fundamento de la agricultura en el futuro como alternativa para asegurar la continuidad de la producción de alimentos.

La diversidad genética es la base de la variabilidad y se origina por las diferencias genéticas dentro y entre las especies. La conservación de la biodiversidad significa mantener la diversidad genética en todos los niveles, disponer de la tecnología para monitorear las poblaciones, caracterizar las especies y generar la información en base a análisis de datos que pueden ser usados para la toma de decisiones y mejoramiento del mismo proceso de conservación. La investigación relacionada a la conservación de la biodiversidad está orientada a evaluar y estimar la variación genética en individuos o colección de individuos o poblaciones. Es posible identificar variación genética a partir de variaciones fenotípicas en características cuantitativas o cualitativas. Igualmente, la variación genética se puede identificar por el análisis a nivel de enzimas o por secuencia de nucleótidos en el ADN.

Charcape-Ravelo y Moutarde (2005) documentaron la composición de las fanerógamas del Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vice-Sechura que representa el manglar más austral del Pacífico de Sudamérica. Las conclusiones indican que, de las 20 especies de mangles conocidas en el mundo, el manglar San Pedro solamente presenta dos: Mangle prieto (*Avicenia germinans*) y Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); con respecto a las fanerógamas encontraron 44 especies siendo las familias mejor representadas las *Poaceae* con 10 y *Fabaceae* con 9 especies

respectivamente. Igualmente, los autores informaron que, durante las evaluaciones, se pudo comprobar que el manglar está siendo fuertemente impactado por personas que acuden al mismo por varios motivos; unos impactan con el tránsito de vehículos de todo tipo que pasan muy cerca a la vegetación y que están compactando el suelo e impiden la propagación de los mangles, asimismo los vehículos causan problemas al perturbar la fauna silvestre presente en la zona. Otro impacto es producido por la tala y quema de los mangles por los pescadores y leñadores, esto a la larga puede traer fuertes consecuencias en la dinámica del bosque y del ecosistema.

Charcape-Ravelo y Moutarde (2005) certifican el daño y destrucción de la biodiversidad en el Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vice-Sechura causada por el ser humano y comprobaron la ausencia de acciones concretas de protección a la biodiversidad y la escasa presencia de las instituciones responsables, que, por mandato de la ley, deben enfrentar el riesgo de destrucción de la biodiversidad.

More, Villegas y Alzamora (2014) mencionan que diversas clasificaciones ecológicas han descrito las unidades ecosistémicas que presenta la región Piura considerando diferentes criterios, escalas e información disponible, y aún está pendiente la tarea de analizar en detalle y generar una propuesta consensuada para la clasificación ecológica de la región. Sin embargo, basados en los componentes de la flora y fauna, la cobertura vegetal actual y los patrones ecológicos, son distinguibles a escala regional los siguientes "paisajes ecológicos", que siguiendo la nomenclatura más conocida a nivel regional comprenden: mar templado, mar tropical, zona de transición marina templado-tropical, islas, manglares, humedales costeros, desierto, matorral seco, bosque seco de llanura, bosque seco de colina, bosque seco de montaña, bosque seco interandino (donde se pueden diferenciar los de la cuenca del río Quiroz y los de la cuenca del río Huancabamba), matorral montano, bosque húmedo de montaña y páramo (con una importante extensión diferenciada en la Meseta Andina que combina bofedales, matorrales y pajonales 'tipo páramo' con zonas intervenidas); igualmente, se generó un nuevo escenario para la revisión y actualización del listado de sitios prioritarios para la conservación en Piura.

Este proceso de revisión se realizó en el marco de la actualización de la Estrategia y Plan de Acción Regional de la diversidad biológica de la Región Piura, aprobada a finales del 2013, y el resultado es un portafolio de 26 sitios prioritarios, esta vez incluyendo sitios prioritarios en la zona marina de Piura. Para cada sitio prioritario identificado, se incluye información relacionada a descripción del sitio, biodiversidad incluyendo flora y fauna (listado de especies con nombre común y científico), importancia de la conservación y la forma de acceso al lugar.

More, Villegas y Alzamora (2014) concluyen que las áreas o sitios prioritarios para conservación son básicamente espacios naturales importantes, definidos en base a criterios biológicos y a la información disponible hasta la fecha. La mayor parte de éstas no constituyen aún áreas legalmente protegidas o lugares donde existan limitaciones de uso. En este sentido, este documento es una guía referencial, que puede ser utilizada para promover acciones de conservación y/o manejo sostenible de la biodiversidad de la región Piura. Los autores identifican la falta de protección de la biodiversidad en la Región Piura y señalan la ausencia de iniciativas para la identificación y conservación de la biodiversidad regional por parte de las instituciones responsables de enfrentar el riesgo de destrucción de esta.

Desde el año 2014 que se menciona y documenta el peligro de extinción de las especies y los daños ocurridos en el año 2017 (exceso de lluvias e inundaciones) poco a nada se hace en la Región Piura para evitar la destrucción de la biodiversidad. Evidencias sugieren que la proporción de especies en riesgo de extinción se incrementa, la diversidad de plantas está decreciendo y, por lo tanto, la amenaza de pérdida de la biodiversidad es cada día mayor.

Gobierno Regional Piura (2015) publica el *Manual del Guardabosque Voluntario del Área de Conservación Regional Bosques Secos Salitral Huarmaca-ACR-BSSH* con el objetivo de conservar y aprovechar sosteniblemente los bosques del Perú en armonía con las convenciones de diversidad biológica, cambio climático y lucha contra la desertificación y sequía. El manual incluye definiciones, marco jurídico, organizaciones, finalidades, importancia, jefaturas, y planes correspondientes en siete partes: 1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado SINAPE; 2. Sistema Regional de Conservación de Áreas Naturales SRCAN; 3. Bosques secos y biodiversidad; 4. Guardabosque voluntario; 5. Patrullaje; 6. Proyectos REDD+ y ACR; 7. Normas y leyes usadas en ANP. Igualmente, el manual tiene como objetivo proporcionar información básica sobre los diversos temas que la persona debe manejar para el desarrollo eficiente de su trabajo como Guardabosque Voluntario. En la parte de bosques secos y biodiversidad el manual describe: a) el hombre y su relación con la naturaleza, b) biodiversidad: concepto e importancia, c) estrategias de conservación de la biodiversidad: *in situ* y *ex situ*, d) biodiversidad en nuestra ACR BSSH, e) presiones antrópicas en nuestra ACR-BSSH. El manual no describe la ejecución de acciones concretas para conservar la biodiversidad, aun cuando se incluyen algunas especies predominantes en el área de estudio.

Vegas (2018) establece que la diversidad biológica de la macro región norte del Perú está sometida a grave riesgo de pérdida de poblaciones locales, debido

principalmente a causas antropogénicas. Entre las amenazas identificadas, para la biodiversidad macrorregional tenemos limitaciones institucionales y jurídicas, nula o escasa participación de los sectores ciudadanos, y prácticas de uso ilegal y no reguladas. En tal sentido los criterios de priorización para una política de manejo de la biodiversidad debieran basarse en una aproximación al ecosistema a través del enfoque integrado.

Igualmente, Vegas (2018) establece que, entre las razones para la priorización y adopción de políticas de conservación y desarrollo en el corto plazo, se tiene a la disminución de los recursos, contaminación terrestre y marina; beneficios económicos actuales y potenciales de los recursos bióticos y turísticos, así como nuevas oportunidades económicas a través de un manejo planificado. La generalidad de las propuestas no corresponde a acciones concretas para proteger a la biodiversidad frente a la indiferencia de las instituciones responsables como el Gobierno Regional Piura; sin embargo, se menciona el riesgo de pérdida en que se encuentra la biodiversidad en la región norte de Perú.

El Ministerio del Ambiente (2021) publica el documento *El Reino del Desierto y los Humedales, Biodiversidad y Conservación en Sechura, Piura* y se menciona que Sechura es la única provincia del Perú que alberga tres tipos de humedales: un estuario (Virrilá), lagunas costeras (Ñapique y La Niña) y manglares (San Pedro y Chulliyache). La Figura 3.5. muestra el panorama de la laguna Ñapique y del estuario de Virrilá. Estos poseen características ecológicas únicas, por tener influencia del encuentro de la Corriente Cálida Ecuatorial y la Corriente Fría de Humboldt, así como la presencia de un sistema de afloramientos importante para la productividad de la Bahía de Sechura. Los esfuerzos de conservación de estos ecosistemas liderados por autoridades locales y comunales, con el apoyo de la cooperación internacional e investigadores, han tomado más fuerza desde inicios de este siglo y, luego de casi 20 años, se ha logrado establecer una zona reservada, un sitio RAMSAR y dos áreas de conservación ambiental; además de numerosas iniciativas de investigación, sensibilización y actividades productivas, cada una con fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Las diferentes iniciativas y la necesidad de la conservación ambiental ayudarán a fortalecer aún más la identidad y la conciencia a nivel local, regional y nacional, sobre la importancia y potencial de la biodiversidad y servicios ambientales que ofrece el desierto de Sechura. Una vez más, se demuestra que la biodiversidad de la Región Piura se encuentra en riesgo de extinción y es urgente que las autoridades locales, regionales, nacionales y ciudadanía en general asuman la responsabilidad de minimizar el daño irreversible a la biodiversidad a través de decisiones y acciones concretas de estudio, protección y control.

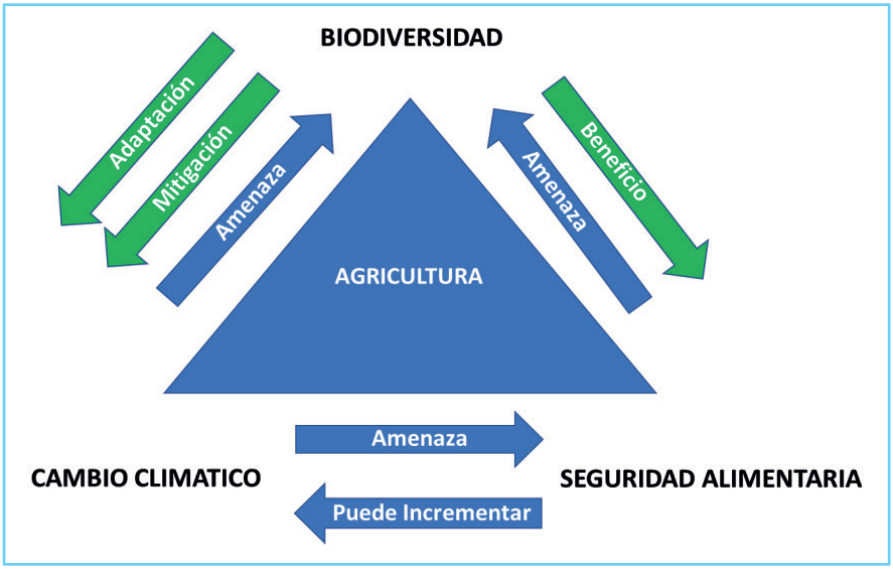
Figura 3.5. Laguna de Ñapique y estuario de Virrilá



Protección a la biodiversidad, minimización del efecto negativo del cambio climático y la promoción de un sistema alimentario aceptable y equitativo es uno de los mandatos de múltiples iniciativas a nivel mundial. Mientras que cada una de las iniciativas tiene objetivos específicos, se establece que los desafíos de la pérdida de biodiversidad, cambio climático y seguridad alimentaria están relacionados. Un fracaso al analizarlas individualmente podría comprometer la seguridad alimentaria, la pérdida de la biodiversidad y la calidad de vida de la población (THE IPBES-IPCC, 2021).

La Figura 3.6. muestra la relación que existe entre biodiversidad, cambio climático y seguridad alimentaria. La biodiversidad es la fuente de recursos genéticos que, a través de la variabilidad genética, ofrece a los mejoradores de plantas la oportunidad de crear genotipos adaptados a los cambios ambientales y se convierte en beneficiaria de la seguridad alimentaria. La variabilidad climática es una amenaza y pone en riesgo la sobrevivencia de la biodiversidad a través de los cambios en temperaturas y regímenes de lluvia-sequía y afectan, igualmente, la producción de alimentos en volumen y calidad debido a los eventos extremos de clima y contaminación ambiental. Por otro lado, la seguridad alimentaria debido al efecto negativo del cambio climático ejerce presión en la biodiversidad para la búsqueda de material genético adaptado a la nueva agricultura con mayor producción debido a la necesidad de alimentar a una población creciente y a la transformación de la tierra agrícola para otros usos.

Figura 3.6. Relación entre biodiversidad, cambio climático y seguridad alimentaria



3.1.3. Objetivos generales y específicos

La conservación de la biodiversidad en la Región Piura no recibe atención de parte de las instituciones responsables de la protección por mandato de la ley y conforme lo establecen los acuerdos internacionales firmados, leyes vigentes, ordenanzas o resoluciones regionales. El peligro de extinción de especies es inminente debido a la actividad humana, cambio de uso de la tierra y el efecto del cambio climático; por lo tanto, los objetivos de la conservación de la biodiversidad son:

- Preservar la diversidad de las especies
- Utilización de las especies para fines de mejoramiento a cualquier nivel
- Mantener los ecosistemas para preservar la vida en todas sus expresiones

La diversidad de las especies está relacionada a la definición biológica de la diversidad genética que se refiere a la suma de varios alelos dentro de una especie o población; igualmente, se refiere al inmenso número de diferentes especies como a la gran variabilidad dentro de la especie. Para un mejor entendimiento de la diversidad genética, es conveniente definir algunos términos que están estrechamente relacionados. Variabilidad genética se define como la habilidad de una población para producir organismos con diferentes genotipos.

En base a la variabilidad genética, del mismo modo la variación genética, se define como la presencia de diferentes números de alelos con distribuciones de frecuencia diferentes en una determinada población. Variación genética simplemente se refiere a la variación de genomas a nivel de individuo (entre individuos) o a nivel de especies (entre especies) o a nivel de poblaciones (entre poblaciones). La variación puede originarse como resultado de una mutación. Sin embargo, el mecanismo principal y responsable de la variación genética es la reproducción sexual.

La diversidad genética es el principal contribuyente de la biodiversidad en un ecosistema. El término biodiversidad se refiere a la diversidad biológica de la vida en la tierra y por lo tanto incluye microorganismos, plantas y animales al mismo tiempo que sus genes y sus respectivos ambientes o hábitats; igualmente, la biodiversidad se refiere a la diversidad de todos los organismos en un ecosistema determinado y en un tiempo específico.

Otros conceptos que están relacionados con la biodiversidad son Diversidad de Ecosistemas y Diversidad de Especies. Diversidad de ecosistemas se refiere a las diferencias que existen entre ecosistemas en una cierta área o lugar. Diversidad de especies se define como la presencia de diferentes especies en una región específica. Todas las diferencias entre especies se originan por la diversidad de sus genes. Por lo expuesto, se puede establecer que cuanto más grande es la diversidad entre especies, las especies tienen más probabilidad de sobrevivir y menor probabilidad de extinguirse.

El efecto negativo del cambio climático en las especies ocurre a diferentes niveles desde los genes, a individuos, hasta poblaciones, así como los hábitats y ecosistemas; los cambios pueden ocurrir por modificación de la interacción entre especies (competencia, enfermedades, etc.), composición de las comunidades de especies, estructura de los ecosistemas o función de los mismos. Por lo tanto, el objetivo del diagnóstico del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad en la Región Piura es demostrar la necesidad urgente de proteger la biodiversidad mediante acciones concretas para evitar el deterioro progresivo y extinción de todas las formas de vida esenciales para la existencia y funcionamiento de los ecosistemas. El objetivo de proteger la biodiversidad:

- Demanda acciones de mantenimiento y control de los hábitats para todas las especies donde crean un ambiente único para su existencia.
- Demanda acciones para proteger todos los ecosistemas de todos los tipos y tamaños incluyendo los corredores entre los hábitats.
- Demanda acciones para proteger todas las formas de vida en los ecosistemas de la región que proporcionan los beneficios que la población obtiene de esos ambientes.

- Demanda penalizar a los causantes de los incendios forestales.
- Demanda reducir los niveles de contaminación.
- Demanda que la deforestación sea estrictamente prohibida eliminando la corrupción existente.
- Demanda la asignación, aprobación y disponibilidad de presupuestos a través del tiempo, independientemente de los gobiernos de turno por ser una protección a todas las formas de vida.
- Demanda el cumplimiento estricto de las leyes de protección ambiental adaptadas al riesgo que presenta el cambio climático.
- Demanda educación a todos los niveles acerca de la conservación de la biodiversidad.

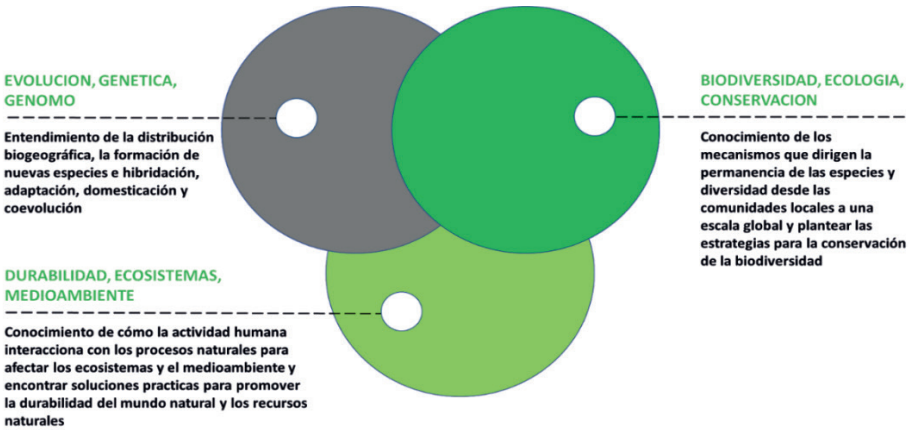
3.1.4. Importancia y alcance de la investigación

La investigación sobre la biodiversidad en la Región Piura debe considerarse dentro de las prioridades para mitigar el efecto del cambio climático en la agricultura debido al riesgo de destrucción en que se encuentra (Charcape-Ravelo y Moutarde, 2005; More, Villegas y Alzamora, 2014). El crecimiento exponencial de la población y la sobreexplotación de los recursos naturales conducen a un progresivo deterioro de la diversidad biológica. Las consecuencias de este deterioro se pueden observar como un incremento en la razón de extinción de algunas especies, fragmentación de las poblaciones o la reducción de la diversidad genética. Esta situación puede resultar más preocupante al sumarse el efecto del aumento de temperaturas máximas y mínimas en la Región Piura.

El reconocimiento creciente de que la biodiversidad es un magnífico activo para la presente y futuras generaciones, que algunas especies sobreviven, la integridad de los hábitats y ecosistemas están en riesgo e incrementa significativamente la importancia de la investigación científica de la biodiversidad. El conocimiento de la importancia de la investigación científica en la biodiversidad y el desarrollo de nuevos métodos para medir la variación natural a nivel genético conduce a un considerable impacto evolutivo en las ciencias biológicas. Actualmente, la evolución de la biología influye significativamente en las hipótesis y programas de investigación científica de otras áreas de las ciencias naturales. Igualmente, se conoce que el conocimiento fundamental de los procesos de evolución adyacentes a la biodiversidad y su variación es necesario para entender diversos sistemas biológicos (InBio Research Network, 2023)

Para desarrollar un programa de investigación científica en las áreas de la biodiversidad y la biología evolutiva se debe considerar un trabajo multidisciplinario y colaborativo, reuniendo investigadores de diferentes disciplinas para una labor en conjunto, por ejemplo, ecología, genética, genómica, sistemática, biología evolutiva, forestales, microbiología, medio ambiente, arqueología, estadística, base de datos, modelos predictivos, etc. La sinergia de estas especialidades convierte al programa de investigación en una situación privilegiada para investigar diferentes hipótesis científicas en el área de la biodiversidad (InBio Research Network, 2023). La Figura 3.7. muestra la relación entre diferentes disciplinas para la formación de un programa de investigación sobre la conservación de la biodiversidad, la búsqueda de las respuestas que los investigadores puedan obtener para conocer la evolución y hábitats de las especies y entender las oportunidades de mejoramiento genético que las especies permiten a través de su variabilidad genética.

Figura 3.7. Relación entre disciplinas para la conservación de la biodiversidad



La biodiversidad puede observarse dentro de una especie, entre especies y dentro y entre ecosistemas. Sin embargo, la biodiversidad es difícil medirla en una escala global y en los últimos años ha crecido el consenso científico que la biodiversidad en el planeta desaparece cada día (Columbia Climate School, 2018). La destrucción de la biodiversidad en la Región Piura ha alcanzado límites alarmantes debido a la incontrolable destrucción que ocasionan los pobladores de Piura, quienes al amparo de la débil presencia del órgano regulador, ausencia de normas de control, carencia y disponibilidad de recursos económicos, ignorancia del valor que representa la biodiversidad y de la inoperancia de las autoridades de turno destruyen el bosque

cortando árboles y produciendo incendios forestales. Es urgente implementar las penalizaciones más rigurosas para quienes destruyen la biodiversidad, así como para quienes comercializan los productos provenientes de los bosques de la Región Piura.

La destrucción de la biodiversidad en la Región Piura afecta el sistema de producción agrícola, elimina las posibilidades de investigación en las plantas nativas con fines de mejoramiento y uso de material genético, investigación con fines medicinales, industriales y del mantenimiento del ambiente disminuyendo la contaminación. Actualmente Piura no cuenta con una base de datos relacionada al inventario de la biodiversidad ni catálogo de los recursos genéticos.

El cambio climático en la Región Piura produce una cantidad de efectos negativos en el sistema de producción agrícola modificando las condiciones del clima en un largo período de años, además de aumentos en la temperatura, cambios en las precipitaciones, calidad y estructura de suelos y cambios en el hábitat de los organismos vivientes. Los ecosistemas y la biodiversidad deben protegerse frente al incontrolable daño que produce la actividad humana.

Los efectos del cambio climático en la Región Piura se observan debido al cambio de uso de la tierra. Las áreas del bosque se destruyen para convertirlas en ciudades o nuevos desarrollos agrícolas, destruyendo la biodiversidad por la tala de árboles, quema de vegetación o plantas nativas, eliminación de la fauna nativa que en una u otra forma, todos estos elementos, contribuyen a mantener las condiciones climáticas de la Región Piura.

La magnitud y la velocidad actual de las tendencias del cambio climático en la Región Piura excederán la habilidad de cierto número de especies para sobrevivir y adaptarse a las nuevas condiciones ambientales que llevarían a incrementar la razón de extinción. Desde un punto de vista ecológico la velocidad de los cambios climáticos describe la velocidad y dirección que las especies necesitan para adaptarse y sobrevivir en las condiciones actuales de cambio climático. Esto es específico para la Región Piura por la actual amenaza de la destrucción del hábitat natural, cambio de uso de la tierra, destrucción de los bosques, e incremento poblacional que en interacción con el cambio climático amenaza en forma creciente, mayor que lo esperado, debido a la ausencia e ineficacia de medidas correctivas.

Los cambios en el clima intensifican los períodos de sequía, decrecen los acuíferos y por ende el abastecimiento de agua por ausencia de lluvias afectando directamente la sobrevivencia de la flora y fauna de los bosques y en consecuencia se incrementa el riesgo de desaparición de la biodiversidad. Desde 1992 Perú ha participado en

reuniones internacionales sobre el efecto del cambio climático y ha firmado acuerdos y compromisos para proteger la biodiversidad. Sin embargo, actualmente no se conocen en la Región Piura la implementación y cumplimientos de acciones y normas para proteger la biodiversidad regional y evitar la contaminación ambiental que produce el calentamiento de la atmósfera y aumento de las temperaturas en el año.

La biodiversidad es vital para la sobrevivencia del ser viviente. Sin embargo, la pérdida irreversible de la biodiversidad determina la desaparición de los servicios y funciones que ofrece los ecosistemas para convertirse en una de las amenazas más importantes que enfrenta la Región Piura. En consecuencia, es urgente investigar la relación entre cambio climático, biodiversidad y las funciones de los ecosistemas para entender la amenaza del cambio climático sobre estos elementos.

3.1.5. Limitaciones de la investigación

En la Región Piura no existe la infraestructura adecuada para el estudio y conservación de la biodiversidad. Sin embargo, el Gobierno Regional Piura (2008) se constituye, por ley, en el instrumento de gestión política, funcional, administrativa y financiera de la conservación *italics in situ* de la diversidad biológica y actualmente existe preocupación por la conservación ex situ. El mantenimiento de la diversidad biológica continúa siendo importante y urgente; sin embargo, los documentos mencionados en los comentarios anteriores demuestran que la conservación es insuficiente, sin recursos presupuestales, controversial y politizada.

Un mayor desafío al analizar la conservación de la biodiversidad es reconocer que envuelve una competencia política entre los defensores de la conservación de la diversidad genética contra quienes se oponen a la conservación. La conservación compite con muchas otras poderosas demandas de la humanidad. Los investigadores en conservación no son necesariamente defensores de la conservación, y si ellos lo son, su defensoría es un proceso diferente de su investigación. Por otro lado, en la política se evita mencionar la investigación científica, sus hipótesis, sus conclusiones y los resultados obtenidos de esta. Intencional o inadvertidamente, los investigadores en conservación operan dentro de una arena altamente politizada y en algunas circunstancias con la presencia de actos de corrupción.

El sistema de conservación de la biodiversidad es un sistema social-ecológico que incluye organizaciones gubernamentales, empresas privadas, organizaciones comunitarias, organizaciones no gubernamentales, universidades, centros de educación, al igual que especies y ecosistemas. Por lo tanto, el liderazgo del sistema debe ser

determinado con la participación y responsabilidades de los componentes para enfrentar las amenazas que sufre la conservación: pérdida y degradación de los ecosistemas, cambio climático, contaminación química y bioquímica, deforestación, caza, invasión de especies foráneas, pérdida de plantas polinizadoras, registro, clasificación y otros.

La conservación es un sistema multidisciplinario, en particular, es en base a disciplinas relevantes a componentes ecológicos incluyendo taxonomía, genética, ecología, meteorología, clima, suelos, agua, distribuciones y estadística. Investigación relacionada a los componentes sociales incluye psicología y comportamiento humano, política, leyes y economía. El denominador común del sistema de conservación es la asignación y disponibilidad de recursos económicos que garanticen la planificación, ejecución, mantenimiento y estabilidad del sistema en el tiempo. La protección de la biodiversidad debe aceptarse como una protección a la humanidad y a todas las formas de vida y su conservación debe ser independiente de los cambios de gobierno local, regional y/o nacional.

La eficiencia del sistema de conservación, público o privado depende de un amplio espectro político, estabilidad social, aceptación cultural, regulaciones y leyes para un orden sin corrupción ni violencia.

3.2. Aspectos Técnicos

3.2.1. Antecedentes del problema

La actividad humana contribuye a la destrucción de la biodiversidad en diferentes formas ya sea deliberada o accidentalmente y una de las amenazas con mayor efecto negativo es la transformación de los hábitats naturales para convertirlos en áreas de producción agrícola (escala comercial-industrial de producción de alimentos) o para obtener recursos naturales (sobreexplotación en pesca, caza, cosechas, medicinas, maderas, productos exóticos, etc.). El cambio climático es otro factor que produce la pérdida de la biodiversidad juntamente con la contaminación ambiental (The Royal Society, 2023).

La variabilidad climática observada en la Región Piura, principalmente, por el aumento de temperaturas máximas y mínimas, la actividad destructiva del poblador piurano y la falta de control por parte de los organismos del Estado responsables de la conservación de la biodiversidad son la causa de la pérdida de bosques, matorrales, páramos y diversas especies (flora y fauna) que son parte de la biodiversidad de la región.

La biodiversidad de la Región Piura se ve amenazada por una serie de actividades del mismo poblador de la región:

- Cambio climático: asociado al calentamiento global causado por el uso de combustibles derivados de petróleo, desarrollo industrial, residuos e incremento de gases llamados de "efecto invernadero".
- Deforestación: tala de la mayoría de las especies de árboles y ausencia de programas de reforestación.
- Incendios forestales: destruyen la biodiversidad en su totalidad.
- Explotación indiscriminada: con fines comerciales, industriales y/o artesanales.
- Destrucción de hábitats: intereses particulares para urbanizaciones o actividades comerciales.
- Humano: destruye la biodiversidad a través de deportes (caza, pesca) de recreación sin regulaciones.
- Contaminación: en todas las formas, desde la aplicación indiscriminada de fertilizantes, insecticidas o productos químicos en la agricultura causando serios efectos en los procesos productivos de las plantas hasta la basura o desechos personales.

3.2.2. Base teórica para el proceso de conservación

Biodiversidad es la variabilidad entre todos los organismos en una estructura ecológica en particular tal como un hábitat, comunidad, área, ubicación, o ecosistema. Esto incluye el número de especies al igual que la diversidad dentro de una especie. La planificación de un programa de investigación científica en el área de conservación implica un equipo multidisciplinario para demostrar diversas hipótesis relacionadas a la identificación, recolección, análisis y conservación de poblaciones, características morfológicas y genéticas, diferencias entre ellas y contribución a las propiedades que el ecosistema pueda ofrecer como servicio.

Las investigaciones relacionadas a la biodiversidad incluyen diferentes disciplinas y la taxonomía que es el descubrir, identificar, catalogar, clasificar y nombrar a los organismos se complementa con la sistemática que es el análisis del proceso evolutivo de los organismos. Actualmente, con los adelantos científicos y tecnológicos tanto la taxonomía como la sistemática han alcanzado progresos significativos con el desarrollo y aplicación de la genética molecular. El campo de la ecología se ha enfocado en la

distribución y abundancia de las especies influenciadas por factores bióticos y abióticos incluyendo aquellos relacionados a la biogeografía (Hubbell, 2021).

Con los progresos y nuevas metodologías en el área de la conservación biológica es posible desarrollar la documentación de las razones y causas de la extinción, la influencia de la fragmentación de los hábitats y de las especies foráneas en la diversidad al igual que el deterioro de la diversidad genética dentro de las especies y sus consecuencias. Es importante señalar y diseñar las áreas de conservación para el mantenimiento de todos los niveles de la diversidad.

El entendimiento de la conservación biocultural que enfatiza la preservación de la herencia cultural como un aspecto esencial del hábitat, reconoce que las culturas ancestrales valoran la biodiversidad y que ellas pueden servir como aliados en su protección si su herencia cultural incluyendo folklore, lenguaje y conocimientos son igualmente protegidos. La investigación en estas áreas conduce al desarrollo de proyectos de conservación que consideran los hábitats y su biodiversidad al igual que las necesidades sociales y económicas de los humanos en las comunidades o en áreas cercanas a ellas (Gavin, *et al.,* 2015).

Uno de los argumentos más convincentes para la preservación de la biodiversidad es que el mantenimiento de la biodiversidad es esencial para las funciones y servicios de los ecosistemas que están ligados a la durabilidad de la vida en el planeta. El ecosistema proporciona bienes y servicios a los pobladores tales como agua, alimentos, plantas medicinales y otros. Los servicios de apoyo del poblador juegan un papel de mantenimiento de las funciones del ecosistema tales como protección a los agentes polinizadores, insectos benéficos que protegen a las plantas de las plagas o materiales que enriquecen el suelo evitando las erosiones, regulando el clima y purificando el agua y el aire (Costanza, *et al.,* 2014). El ecosistema sostiene la vida y el hombre debe cuidarlo y mantenerlo.

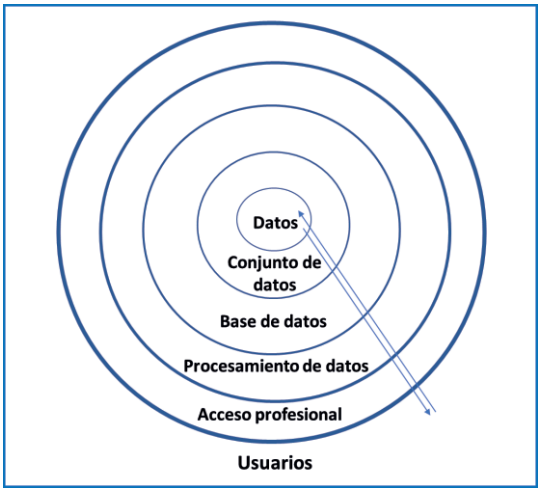
La taxonomía es el sistema para nombrar los organismos en un determinado lugar y tiempo, es dinámica, nuevas especies se identifican y describen cada día, pero los científicos o especialistas no siempre están de acuerdo en las definiciones o nombres usados, y la descripción de especies y nombres no concuerdan cuando se comparan. La heterogeneidad de la biodiversidad requiere del cumplimiento de estándares para permitir a los datos colectados incorporarlos en las bases de datos. Por lo tanto, la colección de datos es la base fundamental para la descripción, identificación, catalogación, conservación, análisis y uso de las especies (Blair *et al.,* 2020). La Figura 3.8, describe, en forma general, el proceso desde la recolección de datos hasta la formación de las bases de datos y análisis para la creación de la información.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Definición de hipótesis

La pérdida de la biodiversidad en la Región Piura es una amenaza debido a la destrucción de los ecosistemas y la consecuente reducción de los bienes y servicios que estos proveen a la población. Como resultado, se genera la urgente necesidad de un estudio y análisis científico de la situación actual de la biodiversidad, crear un inventario de las especies y recolectar los datos requeridos para entender la relación entre la actual biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Dado el interés y la complejidad de los ecosistemas naturales un gran número de variables medioambientales pueden influir en los estudios y resultados; por lo tanto, la recolección de datos, la estructura de recolección y la creación de las bases de datos permitirán el procesamiento de estos y la creación de información disponible para los usuarios.

Figura 3.8. Categorías de datos para generar información en biodiversidad



La estructura de las comunidades, la complejidad de las variables a considerar y el tipo de relación entre especies que forman los ecosistemas podrían ser una excepción de las hipótesis tradicionales para explicar las discrepancias o similitudes entre lo observado y los estudios experimentales es la presencia de factores medioambientales que podrían confundir los resultados. Sin embargo, se pueden plantear alguna hipótesis para entender la situación de biodiversidad en la Región Piura:

- La creación de un inventario de especies vegetales en la Región Piura para conocer el estado de las especies o para estudio taxonómico en las correspondientes áreas de conservación.
- Determinación de la situación actual de los ecosistemas: comunidades, colonización, inventario y prevalencia de otros mecanismos de diferenciación.
- Entendimiento de la relación y funciones del complejo biodiversidad-ecosistema: ecología, taxonomía, poblaciones e interacciones para conservación.
- Confirmación que la pérdida de especies puede tener efecto en la sobrevivencia de otras especies y en la funcionalidad de los ecosistemas.
- Clasificar los servicios de los ecosistemas y definir las medidas de protección para los mismos.

3.3.2. Fundamentos para definir las hipótesis

Los componentes del desarrollo global de la Región Piura como agua, suelo, producción de alimentos, mantenimiento de la vida en todas sus expresiones y biodiversidad se ven afectados negativamente por los cambios en las condiciones climáticas como resultado de la contaminación atmosférica que produce el calentamiento global. Las alteraciones en las condiciones medioambientales, la necesidad de aumentar la producción agrícola para consumo nacional y exportación, el cambio de uso de la tierra agrícola, el aumento de la población y la falta de acción de las instituciones públicas y privadas ponen en riesgo de extinción a la biodiversidad existente en la Región Piura. El incremento de la actividad humana es el origen del impacto negativo en la biodiversidad a través de la sobreexplotación de las especies, contaminación y cambios en el clima creando las condiciones para incrementar la pérdida de la biodiversidad.

La agricultura moderna ha logrado con mucho éxito incrementar la producción de alimentos en la Región Piura, pero, al mismo tiempo, ha causado un impacto negativo en el medio ambiente. Las prácticas agrícolas tienen efecto negativo directo en la biodiversidad por el cambio de uso de la tierra, degradación de los hábitats y contaminación por la aplicación indiscriminada de productos químicos para control de plagas y enfermedades.

En la Región Piura no existen estudios sobre la relación agricultura-cambio climático ni del efecto de la interacción de ambos en la biodiversidad. Existe información limitada sobre especies en algunos ecosistemas de la región. Sin embargo, las hipótesis

planteadas para conocer la biodiversidad de la Región Piura establecen prioridades en la investigación y acciones futuras: es urgente la inclusión de la biodiversidad en los programas de investigación; recolección, clasificación, análisis, acceso y mantenimiento de datos de la biodiversidad (análisis cualitativo y cuantitativo); estudio del cambio climático y su interacción con el mantenimiento y conservación de la biodiversidad; impacto en la biodiversidad de la interacción cambio climático-comercio (nacional e internacional); inventario, clasificación y categorización de la biodiversidad; enfoque multidisciplinario para el estudio del complejo cambio climático-agricultura-biodiversidad.

3.4. Metodología: evaluación de la biodiversidad

3.4.1. Metodología para evaluar la biodiversidad

La evaluación de la biodiversidad implica un sistema multidisciplinario en base a especialidades relacionadas a componentes ecológicos incluyendo taxonomía, genética, ecología, meteorología, clima, suelos, agua, distribuciones, análisis de datos, y estadística. Investigación relacionada a los componentes sociales incluye psicología y comportamiento humano, política, leyes y economía. La planificación, ejecución, mantenimiento y estabilidad del sistema de evaluación y conservación de la biodiversidad debe contar con la asignación y disponibilidad de recursos económicos para garantizar la continuidad de la investigación científica y la producción de resultados e información en el tiempo.

Diversas metodologías estadísticas (paramétricas y no-paramétricas) pueden usarse para la evaluación de la biodiversidad con el objetivo de determinar la diversidad (riqueza) de especies o número total de ellas en el ecosistema, la diversidad genética dentro de una especie, especies que habitan en un solo ecosistema y el número total de ecosistemas en la región. Actualmente, el desarrollo de algoritmos y análisis de datos como *analytics*, *artificial intelligence*, *machine learning* y el uso de modelos predictivos permiten a los investigadores analizar enormes cantidades de datos, eliminar errores manuales, facilitar las decisiones consistentes y cuantitativas, analizar tendencias y proyectar resultados.

CONCLUSIONES

- El crecimiento exponencial de la población, en la Región Piura, demanda mayor producción de alimentos de parte de la agricultura lo cual representa una amenaza a la existencia de la biodiversidad siendo la causa mayor la transformación y desaparición de los ecosistemas en áreas agrícolas a través de registros ilegales, incendios provocados por interés económicos, extracción de recursos naturales y fragmentación del ecosistema. La agricultura es el segundo contribuyente en la emisión de gases llamados de "efecto invernadero". Al mismo tiempo, el cambio climático es una amenaza para la agricultura y la producción de alimentos afectando la conservación de las especies y ecosistemas desde la flora microbiana en los suelos hasta los corales y peces en los océanos.
- El desconocimiento de la situación actual de la biodiversidad en la Región Piura, la carencia de información técnica sobre el inventario de las especies y la falta de acciones de protección, por parte de las instituciones como el Gobierno Regional Piura, ATF-SERFOR y las instituciones de investigación y enseñanza agrícola como las universidades, facilitan la depredación de la biodiversidad y son factores relevantes para establecer las siguientes conclusiones del diagnóstico sobre el efecto negativo del cambio climático en la biodiversidad de la Región Piura:
- La extinción de la biodiversidad y destrucción de los ecosistemas ocurre en la Región Piura. Sin embargo, el Gobierno Regional Piura, desde el año 2008, bajo el marco de la Política Ambiental Nacional (Decreto Supremo 012-2009-MINAM) y Regional (O.R. 077-2005/GRP-CR), crea el Sistema Regional de Conservación de Áreas Naturales de Piura y se constituye en el instrumento de gestión política, funcional, administrativa y financiera de la conservación *in situ* de la diversidad biológica en el ámbito político del Gobierno Regional Piura aun cuando no cuenta con las competencias de forestal y fauna.
- El Sistema Regional de Conservación de Áreas Naturales de Piura no cumple con la responsabilidad de proteger la biodiversidad en la Región Piura como lo establece el Decreto Supremo 012-2009-MINAM.
- La extinción de la biodiversidad es un fenómeno regional y las consecuencias tendrán efecto regional y nacional más aún cuando la biodiversidad no conoce fronteras.
- La extinción de la biodiversidad tiene un impacto irreversible a corto y largo plazo debido al efecto de factores como: cambio climático, contaminación, destrucción

de los hábitats, invasión y/o extracción de especies, sobreexplotación de los recursos naturales.

- El desconocimiento de la realidad actual y del valor de la biodiversidad es generalizado a nivel gobierno, instituciones, academia y población.
- La destrucción de la biodiversidad en la Región Piura no es marginal y no tiene efecto lineal.
- En la Región Piura no existe la infraestructura necesaria para estudiar, evaluar y proteger la biodiversidad regional. Por lo tanto, no se conoce cual es y qué valor tiene la biodiversidad.
- El Gobierno Regional Piura y las Universidades no tienen proyectos para proteger la biodiversidad regional, conocer el impacto del cambio climático en la biodiversidad ni programas de educación relacionados a la protección de la biodiversidad.
- En la Región Piura la investigación sobre la protección de la biodiversidad es limitada o casi nula, y los proyectos de inversión pública que se generan están orientados a infraestructura gris (fierro y cemento).

RECOMENDACIONES

Las conclusiones del diagnóstico sobre el efecto del cambio climático en la biodiversidad de la Región Piura indican la urgente necesidad de conocer inmediatamente la composición de la biodiversidad en la región y evitar la continua depreciación de los ecosistemas.

La adaptación y continuidad de la agricultura a los efectos del cambio climático es un llamado urgente para reducir la pobreza y proteger la sobrevivencia en la región. Actualmente, los progresos pueden ocurrir en diferentes aspectos; sin embargo, es necesario acelerar el cumplimiento de metas ambiciosas hasta el año 2030 para mantener la biodiversidad, evitar el deterioro del sistema agrícola, mantener la producción de alimentos y administrar los efectos negativos en la economía mediante la asignación de los recursos financieros en el tiempo, la implementación de proyectos de investigación y el fortalecimiento de las instituciones ligadas al sistema agrícola y a la conservación y mantenimiento de la biodiversidad.

Es prioritario una movilización global de los sectores de la Región Piura para asegurar el liderazgo, obtener los recursos económicos y plantear las soluciones estratégicas en la conservación y mantenimiento de la biodiversidad; a nivel local buscar

la implementación y cumplimiento de las leyes y normas, presupuestos, presencia y actividad de las instituciones y apoyo de las autoridades locales. Finalmente, la sociedad civil, los medios de comunicación, el sector privado, la academia y la población deben generar un movimiento de apoyo para alcanzar las transformaciones requeridas.

En la Región Piura no existen proyectos para reducir paulatinamente la pérdida de la biodiversidad en un futuro cercano, como ejemplo, el año 2030. Esta es una realidad devastadora que no solamente es alarmante por la degradación de la naturaleza sino por la posibilidad que se incremente el riesgo para la producción de alimentos en el futuro debido a la extinción de especies, proliferación de plagas y enfermedades e incremento de las emisiones de CO_2.

Con el objetivo de restaurar la composición de las poblaciones de especies y condiciones medioambientales para el mantenimiento y conservación de los ecosistemas, el presente diagnóstico plantea las siguientes recomendaciones como punto de partida para la planificación, implementación, ejecución y mantenimiento de futuros proyectos de investigación:

- Crear el inventario y catálogo de especies que forman la biodiversidad de la Región Piura.
- Desarrollar las bases de datos para la biodiversidad.
- Proteger las especies (flora, fauna) y hábitats.
- Restaurar y mantener los ecosistemas.
- Usar los avances tecnológicos en el desarrollo agrícola para minimizar la contaminación ambiental.
- Combatir la invasión de especies foráneas y controlar la importación de variedades.
- Desarrollar la investigación para responder a retos científicos incluidos en el análisis del valor económico de los ecosistemas y biodiversidad.
- Facilitar la transferencia de los resultados de la investigación científica a la arena política para la creación de leyes o normas que regulen el financiamiento económico y la asignación, aprobación y disponibilidad de presupuestos a través del tiempo, independientemente de los gobiernos de turno por ser una protección a todas las formas de vida.
- Destinar y/o gestionar financiamiento para promover la conservación a través del uso sostenible de la biodiversidad en la Región Piura.

REFERENCIAS

Amedie, F. A. (2013). *Impacts of Climate Change on Plant Growth, Ecosystem Services, Biodiversity, and Potential Adaptation Measure*. Sweden: University of Gothenburg.

Blair, J., Gwiazdowski, R., Borrelli, A., Hotchkiss, M., Park, C., Perrett, G., & Hanner, R. (2020). Towards a catalogue of biodiversity databases: An ontological case study. *Biodiversity Data Journal*.

Charcape-Ravelo, M., & Moutarde, F. (2005). Diversidad florística y conservación del Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vice-Sechura. *Revista Biología. Universidad Nacional de Piura, Departamento Académico de Ciencias Biológicas y Ecología.*, 327-334.

Columbia Climate School. (2018). *What is biodiversity and how does climate change affect it?* New York: Columbia University, New York.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., . . . Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Glob. Environ. Chang.*, 152-158.

Gavin, M. C., McCarter, J., Mead, A., Berkes, F., Stepp, J. R., Peterson, D., & Tang, R. (2015). Defining biocultural approaches to conservation. *Trends Ecol. Evol. 140*-145.

Gobierno Regional Piura. (2012). *Estrategia Regional y Plan de Acción Para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región Piura.* Piura.

Gobierno Regional Piura. (2015). *Manual del Guardabosque Voluntario del Área de Conservación Regional Bosques Secos Salitral Huarmaca-ACR-BSSH.* Piura: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.

Hocquenghem, A. M. (2001). *Una historia del Bosque Seco.* Lima: Debate Agrario, Lima 33.

Hubbell, S. P. (2021). *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography (MPB-32).* Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.

InBio Research Network. (30 de January de 2023). *InBio Research Network Biodiversity and Evolutionary Biology*. Obtenido de InBio Research: http://inbio-la.pt/research

IPBES. (2022). *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Service.* Bonn, Germany.: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Dedios, N., & Rodriguez, C. (2009). *Lucha contra la desertificación y adaptación al cambio climático en los distritos de Catacaos, La Arena y La Unión a través de la comunicación digital TIC.* Piura: Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Ministerio del Ambiente. (2021). *El Reino del desierto y los humedales: biodiversidad y conservación en Sechura, Piura.* Lima-Perú: Ministerio del Ambiente-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

More, A., Villegas, P., Alzamora, M. (2014). Piura: Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. En A. More, & P. V. M.Alzamora, *Piura, Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad* (p. 163). Piura: PROFONANPE.

Otivo, J. L. (2008). *Gestión Sostenible de los Bosques Secos.* AIDER. Encuentro Económico Región Piura.

Piura, G. R. (2012). *Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región Piura.*

THE IPBES-IPCC. (2021). *Biodiversity and Climate Change.* The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. The Intergovernmental Panel on Climate Change. .

The Royal Society. (January de 2023). *How do humans affect biodiversity?* Obtenido de The Royal Society: https://royalsociety.org/topics-policy/projects/biodiversity/human-impact-on-biodiversity

Tylianakis, J., Didham, R., Bascompte, J., & Wardle, D. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 1351-1363.

Vegas, E. A. (2018). *Biodiversidad de la Macroregión Norte del Perú: Estado y Estrategia para su Conservación y Uso Sustentable.* Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura. Tesis para optar el grado académico de doctor en Ciencias Ambientales.

4. Efecto del cambio climático en el comportamiento de las plagas agrícolas en la región Piura

Carlos Alberto Granda Wong

Introducción

4.1. Planteamiento del problema

4.1.1. Determinación del problema

En el contexto de crisis climática, la variabilidad observada afecta los ecosistemas agrícolas alterando la interacción de los factores bióticos y abióticos y consecuentemente reduce la productividad y producción agrícola. El incremento de la temperatura, de los gases de efecto invernadero en la atmósfera tales como el dióxido de carbono (CO_2), las condiciones extremas de clima y cambios en los regímenes de lluvia ponen en riesgo el sistema agrícola en la Región Piura.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en el estudio sobre la "Caracterización y Escenarios Climáticos de la Región Piura" publicado en 2016, establece que: "las proyecciones del clima en la Región Piura para el año 2030 se caracterizan por un aumento de las precipitaciones en las zonas costeras y disminución en zonas por encima de los 500 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.). Igualmente se pronostica un calentamiento de las temperaturas máximas y mínimas en toda la región, aunque es esta última la que muestra cambios más intensos, llegando a tener aumentos de más de 2 °C en todas las estaciones del año».

La escasa investigación que existe sobre el impacto de las plagas insectiles en el desarrollo de los principales cultivos de la Región Piura no es suficiente para conocer y comprender la dinámica de su distribución ecológica y su impacto en los resultados de las cosechas. Algunos trabajos esporádicos de investigación en Piura, relacionados con la biología, dinámica poblacional, control biológico, control etológico y control químico de las plagas, no responden a un plan integral de investigación que debe considerar objetivos cuyos resultados, por la línea de cultivos, contribuyan a solucionar las necesidades del agricultor en materia fitosanitaria.

La agricultura de la Región Piura se caracteriza por la ausencia de lluvias frecuentes en los diferentes valles Bajo y Medio Piura, Bajo y Medio Chira y Alto Piura; esta situación particular se agrava con el efecto del cambio climático favoreciendo la frecuencia de períodos de sequía y en ciertos años inundaciones como ocurriera en el año 2017. Las condiciones de sequía favorecen el desarrollo de insectos plagas y las plantas se convierten en más vulnerables al ataque debido al decrecimiento de los factores de defensa de esta como resultado del estrés hídrico que sufren. La ausencia de datos e información sobre el efecto de temperaturas, humedad relativa y otros factores condicionan a la agricultura regional a convertirse en una agricultura de alto riesgo frente a la acción de las diferentes plagas agrícolas.

La falta de planificación de las nuevas áreas de producción e incumplimiento de un estricto calendario de siembras los agricultores de la Región Piura enfrentarán serios problemas de producción y perjuicios económicos debido a los daños causados por las plagas. La falta de infraestructura, laboratorios, equipamiento de alta tecnología no permiten cumplir con el rol que les compete a las instituciones responsables de realizar investigación agrícola básica y aplicada.

4.2. Formulación del problema

Los cambios ambientales que ocurren en la Región Piura afectan la producción agrícola y en consecuencia el comportamiento de las plagas que atacan a los diferentes cultivos. La temperatura es, probablemente, la variable climática más importante debido a su influencia en el comportamiento de los insectos, distribución, desarrollo y reproducción que se debe investigar.

En los últimos años se han incrementado los daños ocasionados por las plagas que atacan a los diferentes cultivos de la Región Piura debido al aumento de la actividad y voracidad de las poblaciones de insectos como consecuencia de las alteraciones en las condiciones climáticas donde los cambios en las temperaturas máximas y mínimas y variaciones en la humedad relativa son los factores más importantes.

Granda (2021) entrevistó a agricultores en los diferentes valles de la Región Piura para determinar la incidencia de plagas en diversos frutales. Los resultados indicaron que en el caso de productores de cítricos se comprobó la presencia de "Queresa verde" (*Coccus viridis*), "Acaro del tostado" (*Phyllocoptruta oleivora*). En la Figura 4.1., se observa "El minador de los cítricos" (*Phyllocnistis citrella*) que produce serios daños en los brotes de cítricos, como una de las plagas de mayor presencia. Se ha observado en algunas regiones de Tumbes y Piura la dispersión y establecimiento de un psílido

procedente de la región asiática *Diaphorina citri* considerado como un vector eficiente de la enfermedad denominada "Huanglongbing de los cítricos" (HLB).

Figura 4.1. Evidencias los daños del minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella)* en el cultivo de limonero, en la zona del Medio Piura. 2020.



Granda (2021) determinó que en los últimos años, es más significativo el ataque de varias especies de plagas en el cultivo de mango y otras especies cultivadas, como consecuencia del inremento de las temperaturas en la Región Piura, entre las plagas identificadas menciona "Mosca de la fruta" (Ceratitis capitata, Anastrepha spp), "Queresa cerosa" (Ceroplastes floridensis) y la presencia de "Cochinillas harinosas" de la familia Pseudococcidae. En la Figura 4.2, se observa la presencia de Coccus viridis ocasionando serios daños en el cultivo de mango y cítricos, en el valle de San Lorenzo, distrito de Tambogrande, Piura.

Figura 4.2. *Coccus viridis* y daños en los cultivos de cítricos y mango, en la zona de Pedregal–San Lorenzo-Piura. 2020**.**



La producción de banano en la Región Piura enfrenta un reto con referencia al incremento de plagas con "Trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signnipennis)*, como se muestra en la Figura 4.3. Se observa el adulto y el daño que realizan en la fruta de banano; otra plaga es la "Queresa" (*Diaspis spp*.); el cambio climático y principalmente el aumento de temperaturas han motivado que estas plagas tengan importancia económica por el daño que ocasionan.

Remigio y Yauri (2017) en una investigación encargada por la Dirección Regional de Agricultura de Piura (DRAP), denominada "Implementación de un sistema de monitoreo, vigilancia agrometeorológico y alerta de plagas en el banano orgánico", realizaron correlaciones y relaciones funcionales, llegando a establecer seis modelos bioclimáticos para igual número de plagas. Un ejemplo de correlación clima-plagas, se presenta en la Figura 4.4., donde se observa la relación entre las variables climáticas y la presencia de la plaga del "trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signipennis*).

Figura 4.3. Adulto del "Trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signipennis)* y su daño en el cultivo de banano en la zona del Chira. 2020.

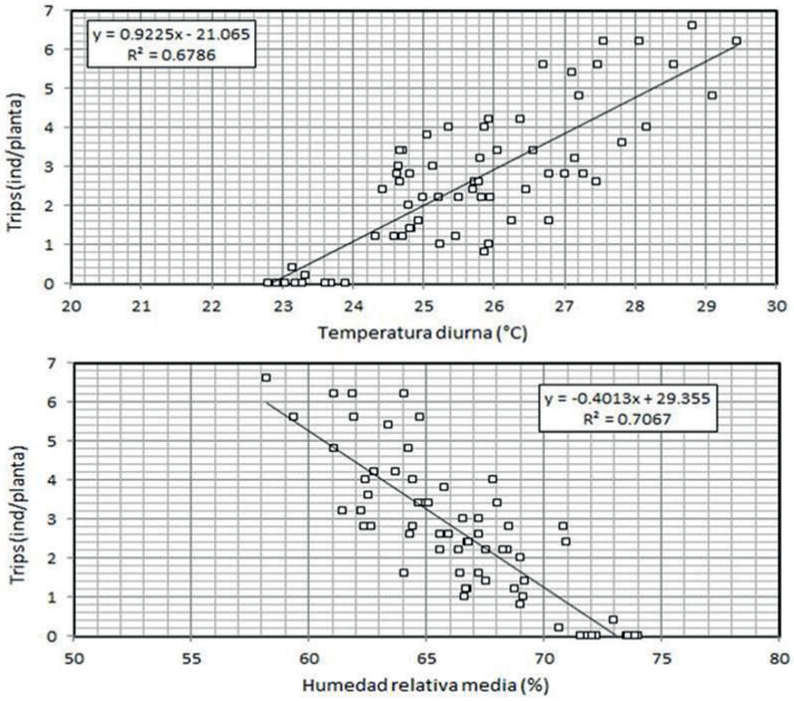




En dicho estudio determinaron que:

- Existen correlaciones y relaciones funcionales entre el comportamiento del número de plagas, y el clima en los valles productores de banano orgánico del departamento de Piura.
- El análisis agrometeorológico permitió identificar como variables predictivas más significativas de las plagas del banano, a la temperatura diurna y la humedad relativa media del día
- Se determinaron seis (06) modelos bioclimáticos para el pronóstico del número de individuos presentes de una determinada plaga por planta; Trips de la Mancha Roja, Trips de la Flor, Mosca Blanca Grande y Pequeña, Cochinilla Harinosa y Picudo Negro.
- El rango de temperatura crítica, es determinante en los niveles de población de las plagas, dependiendo de la capacidad de daño que tiene el insecto, su fase de desarrollo, así como la susceptibilidad que muestre la planta, en una etapa fenológica determinada, al momento del ataque.

Figura 4.4. Correlación entre la plaga "trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signipennis)* y las variables climáticas temperatura y humedad relativa**.**



Fuente; Remigio y Yauri (2017).

Para el caso del cultivo del cacao, Granda (2021) establece que, de acuerdo con información proporcionada por productores y revisión de datos relacionados a la presencia de plagas en este cultivo, en los años 2013 y 2014 la incidencia de "Chinche del cacao" (*Monalonium dissimulatum*) era menor del 5 %, sin embargo, en la actualidad el porcentaje alcanza valores cercanos al 20 %. A partir del año 2016 y debido a los incrementos en las temperaturas se observa la presencia de "Cochinilla harinosa" (*Paracoccus marginatus*) que producen daños en las etapas de floración y fructificación. En el año 2021, tal como se aprecia en la Figura 4.5., el aumento de la temperatura motivó el incremento poblacional de plagas como "Chinche del cacao" (*Monalonium dissimulatum*) y "Cochinilla harinosa" (*Paracoccus marginatus*).

Figura 4.5. Ninfa de "Chinche del cacaotero" (*Monalonium dissimulatum*) y su daño en el cultivo de cacaotero, en la zona del San Juan de Bigote-Piura. 2020**.**



La "Broca de café" (*Hypothenemus hampei*), es una plaga clave en el cultivo de café y se encuentra presente en la Región Piura. En el año 2020 debido al aumento de la temperatura la presencia de esta plaga fue mayor, informándose daños hasta un 50 %, a diferencia del año 2021 donde las temperaturas fueron menores, el daño informado fue entre 10 % a 15 %. Estas observaciones de campo permiten relacionar el aumento de las temperaturas con el porcentaje de daño observado en el café. En la actualidad algunos agricultores cafetaleros están abandonando el cultivo de café entre 1000 a 1200 m s. n. m. y buscan temperaturas adecuadas para el cultivo en zonas de mayor altitud.

Granda (2021) considera que algunos productores de banano han causado serios daños en el agroecosistema debido a la aplicación indiscriminada de productos químicos para el control de diversas plagas en el cultivo de banano convencional. Igualmente informa que los daños producidos en el banano orgánico por "Trips" (*Chaetanaphotrips signipennis*) alcanzan promedios de 20 %, "Arañita roja" (*Tetranychus sp*.) daños mayores a 10 %, "Escamas" (*Diaspis boisduvalii*) y "Cochinillas" (*Dysmicoccus neobrevipes*) aproximadamente 8 %. Estas plagas están afectando la calidad y los rendimientos económicos de la producción bananera.

Granda (2022) Observó que en el cultivo de arándano el cambio climático afecta el desarrollo del cultivo e incrementa la actividad destructora de los insectos. Las altas temperaturas debilitan el desarrollo de la planta y produce estrés hídrico al mismo tiempo que incentiva la actividad de las poblaciones; En la Figura 4.6., se observa el daño que realizan los "Trips" (*Frankliniella occidentalis*) y *Scirtothrips dorsalis*, en un ataque cuantificado de un 50 %, En algunas zonas del medio Piura se ha reportado "Cochinillas" (*Planococcus citri*).

Figura 4.6. Daños de "Trips" en el cultivo de arándanos en la zona del Medio Piura. 2022.



En el caso del cultivo de vid, las "Cochinillas" (*Planococcus citri* y *Planococcus* ficus), son plagas de importancia económica que se presentan durante todo el año y su focalización en la planta depende del estado fenológico en que se encuentra el cultivo. Las condiciones medioambientales que favorecen su desarrollo están influenciadas por la temperatura y la humedad relativa.

De acuerdo con la distribución y comportamiento de las plagas y su relación con los cambios ambientales se puede establecer que los aumentos de temperatura incentivan la voracidad en las poblaciones de insectos. Retete (2017) concluyó que las altas temperaturas y la presencia de lluvias en el cultivo del algodonero incidieron en el acortamiento del ciclo biológico del "Gusano rosado de la India" (*Pectinophora gossypiella*) y la presencia "Cochinilla harinosa" (*Paracoccus marginatus*).

Ortega (2004) concluye que los resultados productivos de algodón sembrado en la Región Piura disminuyeron notablemente debido a severos daños producidos por "Gusano rosado de la India" (*Pectinophora gossypiella*), "Picudo peruano" (*Anthonomus* vestitus), "Gusano mayor de la hoja" (*Alabama argillacea*) y "Cochinilla" (*Paracoccus marginatus*), al haberse presentado alteraciones de temperatura y humedad relativa, en el ecosistema de los valles Bajo, Medio Piura y Chira.

La capacidad de adaptación de los sistemas de producción agrícola a los cambios ambientales va a depender de la severidad de ocurrencia y cambios en los fenómenos biológicos, de la capacidad de los productores para adoptar prácticas de control integrado de plagas y del uso de nuevas tecnologías que los adelantos científicos ponen a disposición de la producción agrícola.

FAO (Food and Agriculture Organization, 2017) informa que los algodoneros de Sechura y Catacaos revierten con éxito los efectos del Niño Costero alcanzando rendimientos superiores a los 70 quintales de algodón rama por hectárea en la cosecha 2017. Estos resultados se produjeron en las Unidades Técnicas Demostrativas instaladas por el MINAGRI, FAO e INIA, con el apoyo de la Cooperación Brasileña, en el marco del proyecto "Más Algodón". Para conseguir estos resultados, cerca de 200 algodoneros recibieron asistencia técnica especializada en preparación de suelo, siembra mecanizada, riego, fertilización eficiente y manejo integrado de plagas.

Granda (2022) indica que productores de palto mencionan que el "Gusano perforador del palto" (*Stenoma catenifer*) en el año 2012 produjo daño en los frutos entre un 50 % a 60 % debido al efecto del cambio climático. Igualmente, productores de palto orgánico señalan que el efecto los cambios climáticos, están ocasionando serios problemas como ocurre con el "Chinche del cacao" (*Monalonium dissimulatum*) que produjo daños de un 60 % y 70 % en el cultivo de palta orgánica entre los meses de enero y marzo del 2022 en la provincia de Huancabamba.

4.3. Objetivos

4.3.1. Objetivos generales

- Investigar el efecto del cambio climático en el ciclo biológico de las plagas debido, fundamentalmente, al aumento de temperatura, alteraciones en la humedad relativa y cambios en la calidad de la radiación en condiciones de sequía o estrés hídrico que representan las condiciones climáticas de la Región Piura.
- Investigar el efecto del cambio climático sobre la dinámica de las poblaciones

de plagas agrícolas, evaluación de nuevos nichos ecológicos que proporcionan oportunidades a las plagas para su establecimiento y migración a nuevas regiones geográficas.

- Investigar las posibles interacciones entre cultivos y plagas y el uso de metodologías de ingeniería genética en la búsqueda de resistencia y minimización de la contaminación ambiental por la reducción en la aplicación de productos químicos.

4.3.2. Objetivos específicos

- Generar datos e información sobre la sensibilidad de la respuesta fisiológica de las plagas al incremento de la temperatura: reproducción, voracidad.
- Investigar, generar datos y crear información sobre el efecto del incremento de temperaturas sobre cambios en el número de generaciones, movilidad a diferentes pisos ecológicos y migración a otras zonas geográficas.
- Analizar y generar información sobre el efecto del incremento de CO_2 en la reproducción, fecundidad, curva de crecimiento, voracidad y densidad de población de las plagas.
- Determinar la distribución y expansión de las plagas de acuerdo con la geografía regional y calendario de siembras de los cultivos, prácticas agrícolas, variables climáticas, regulaciones sobre comercio y mercadeo, incluyendo importación-exportación.
- Investigar el efecto de los cambios ambientales en la efectividad de los agentes de control biológico de las plagas.
- Investigar sobre el efecto del cambio climático en la transmisión de enfermedades de plantas por insectos vectores.

4.4. Importancia de la investigación entomológica

El efecto del cambio climático se observa en la Región Piura en diferentes aspectos produciendo cambios en variables como temperatura, precipitación (cantidad, frecuencia y ocurrencia), humedad, viento y concentración de gases en la atmósfera. Esta complejidad de variables tiene efecto directo en la agricultura y uno de los mayores efectos es inevitablemente la presencia y actividad de las plagas en los diferentes cultivos de la región.

El cambio climático interviene en los procesos fisiológicos de la planta como fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de nutrientes, etc., al igual que en el proceso de producción vía modificación de las poblaciones y funciones de las plagas y posible interacción con enfermedades. Igualmente, el cambio climático puede incentivar cambios en la resistencia natural de las plantas a las enfermedades y plagas. La investigación agrícola es uno de los caminos viables para encontrar soluciones a los problemas de plagas.

Los cambios en las variables climáticas pueden modificar las poblaciones de plagas; algunas especies pueden sobreponerse a los cambios de las variables climáticas adquiriendo cierta adaptación para mantener su poder destructivo en los cultivos, mientras que en otros casos podrían ocurrir migraciones en busca del hábitat más adecuado. Estos cambios serían los nuevos retos de investigación para los entomólogos y para el desarrollo de la agricultura en la Región Piura.

Debido a la aceleración del calentamiento global y la ocurrencia de los cambios en las variables climáticas existe incertidumbre sobre el comportamiento de las plagas existentes y la posibilidad de aparición de otras. Igualmente, el entendimiento de la capacidad de adaptación de las plagas, existentes o no, a las alteraciones y cambios de clima resulta prioritario y justifica la necesidad de implementar proyectos de investigación para determinar las estrategias que reduzcan el riesgo de multiplicación y distribución de plagas para mitigar el efecto negativo de las existentes. Una de las estrategias más usadas incluiría el control integrado de plagas, monitoreo del clima y de las poblaciones de insectos, análisis de datos y el uso de modelos predictivos que permitan predecir la infestación de las plagas.

Dada la heterogeneidad de adaptación, razón de sobrevivencia, habilidad para desarrollar nuevas generaciones, reducción en la eficiencia de los controles biológicos e incremento en la dispersión de las plagas puede resultar en un reto y necesidad para los investigadores en entomología de generar la información adecuada que permita tomar decisiones cuantitativas y técnicas en un futuro programa de manejo integrado de plagas.

4.5. Limitaciones de la investigación

El cambio climático y la ocurrencia de eventos climáticos extremos, como los ocurridos en el año 2017 en la Región Piura, tienen efecto negativo en la producción agrícola e incrementan la actividad de las plagas relacionadas a los diferentes cultivos. Como todo organismo viviente, las plagas responden en forma diferente a los efectos

del cambio climático, de las condiciones ambientales como temperaturas, niveles de CO_2 en la atmósfera, cambios en la secuencia y frecuencia de precipitaciones, etc. Las estaciones meteorológicas existentes en la Región Piura no son lo suficientemente confiables para disponer de información consistente que permita credibilidad y consistencia en el uso de los resultados para la toma de decisiones. La adaptación e información de los sistemas satelitales es imprescindible para poder proporcionar los datos meteorológicos a los agricultores y permitirles responder y tomar decisiones en forma instantánea.

El financiamiento, implementación, mantenimiento y actualización de equipos, recurso presupuestal para funcionamiento y el empleo de personal capacitado son en la actualidad factores limitantes para mejorar el efecto de las plagas en el sistema productivo agrícola de acuerdo con los adelantos tecnológicos actuales.

Las plagas son muy sensibles a los cambios de temperatura ambiental y su metabolismo se incrementa cuando se producen incrementos de esta variable. En la Región Piura no existen investigaciones sobre la relación de la actividad metabólica e incrementos de temperatura que permitan conocer, en condiciones locales, la tendencia de aceleración de desarrollo, voracidad, movimiento de las plagas y cómo se afecta la dinámica de las poblaciones de insectos en cuanto a fecundidad, sobrevivencia, tiempo entre generaciones, tamaño de población y expansión geográfica; por lo tanto, la urgencia de contar con laboratorios equipados con los adelantos tecnológicos que permitan investigar todos los aspectos de la influencia del cambio climático en el desarrollo, producción, control y migración de las plagas.

Otro factor limitante de la investigación entomológica en la Región Piura es la carencia de un proyecto científico que permita investigar en el área de plagas para planificar, formular, adaptar, mitigar y desarrollar estrategias como parte de un programa multidisciplinario y actualizado de control de plagas, información meteorológica, monitoreo de plagas y uso de modelos predictivos.

4.6. Aspectos técnicos

4.6.1. Antecedentes

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves que afecta a todo organismo vivo que habita en el planeta. El clima determina cómo son los ecosistemas y cómo influyen 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).

Uno de los factores determinantes que afecta el clima, es el calentamiento global causado por el aumento de CO_2 en la atmósfera. 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_2 continúan por encima de 350 partes por millón (ppm), el planeta se enfrentará a desastres humanos y naturales irreversibles, para ello el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), en su cuarto 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).

Lachira (2018) determinó que, en el cultivo de banano orgánico, la temperatura y la precipitación no han tenido incidencia significativa sobre la plaga del "Trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signipennis*) en planta madre, hijuelo y bellota, en tanto la humedad relativa alta ha mostrado ligera incidencia en la captura de adultos.

Retete (2017) concluyó que el "Gusano rosado de la India" fue la plaga que ocasionó serios daños al cultivo del algodonero debido a los factores climáticos como temperaturas y la humedad relativa, que favorecieron la presencia de esta plaga y disminución de su ciclo biológico.

Silupú (2011) establece que, en estudios realizados en diferentes parcelas de los distritos de Querecotillo, y Salitral del valle del Chira, el "Trips de la mancha roja" (*Chaetanaphotrips signipennis*) redujo los rendimientos entre el 40 % y 50 % en el cultivo de banano.

FONTAGRO (2013) señala que, los productores están bajo presión por brotes de plagas, insumos costosos, exigencias de certificación y eventos climáticos extremos. Entre 2011 a 2013, los productores de banano orgánico de Ecuador y Perú sufrieron pérdidas de un 20-30 % por el" Trips de la mancha roja" (*Chaetanaphothrips signipennis*), un daño cosmético, pero con cero tolerancias para la exportación.

Reyes (2014) determinó que las principales plagas del cultivo del algodonero que se presentan en todos los estados fenológicos de la planta son "Gusano mayor de la hoja" (*Alabama argillacea*), "Arrebiatado" (*Dysdercus peruvianus*), "Picudo peruano" (*Anthonomus vestitus*), "Gusano rosado de la India" (*Pectinophora gossypiella*).

Erazo (2018) el estado fenológico más afectado en la variedad Red Globe por *Planococcus citri* fue a partir de "envero" a maduración y esto es porque existe una relación directa con la translocación de azúcares hacia la parte superior Los estados fenológicos más afectados por Pl. citri (Risso) en ambos cultivares, fue a partir del inicio de caliptra rajada a envero influenciado directamente por la temperatura media que

oscila entre 22 °C y 23 °C la humedad relativa media entre 70 % y 72 %, condiciones que favorecen con el desarrollo y multiplicación de la plaga.

Viñas (2017) concluyó que la agricultura de Piura se ha visto afectada casi en su totalidad, por las plagas y enfermedades, siendo un ejemplo la crítica situación de los productores de uva, que se ven perjudicados por el cambio climático.

Núñez (2021) observó que la temperatura de 22 °C y 24 °C y humedad relativa de 74 % a 87 % fueron condiciones óptimas para la presencia de plagas y sus enemigos naturales en el cultivo de maíz.

Palacios (2018) indicó que a mayor temperatura promedio del ambiente, se incrementa el número de individuos del insecto plaga. En cuanto a las correlaciones con la humedad relativa se observó que el 76.7 % fueron negativas, esto indica que, al incrementar la humedad relativa, el número de individuos, del insecto disminuirán y en forma recíproca, al haber menor humedad relativa, se incrementarán los diferentes estadios.

Castillo (2021) establece que la fluctuación poblacional del "Trips de la mancha roja" (*Chaetanphothrips .signipennis*) en el cultivo de banano orgánico en los estadios de ninfa y adulto en plantas madre e hijuelos en los tres sectores en estudio está influenciada por la temperatura, humedad relativa, según las correlaciones lineales vistas en los cuadros donde se aprecia para las localidades de Buenos Aires en 58 %; Carrasquillo 83 % y La Matanza 75 %.

Cruz (2021) en uso de trampas colocadas en el cultivo de mango en la zona de Yapatera y La Matanza, durante los meses de diciembre 2020 a enero 2021, capturaron las siguientes especies de mosca de la fruta; *Ceratitis capitata, Anastrepha chiclayae, Anastrepha distincta, Anastrepha fraterculu, Anastrepha grandi,s Anastrepha obliqua, Anastrepha striata y Anastrepha manihoti.*

Puelles (2018) señala que el efecto de los factores climáticos, temperatura y humedad relativa, sobre la presencia de adultos de la "La broca del café" (*Hypothenemus hampei*) en el cultivo de café; temperaturas altas influyeron en el ciclo biológico determinando que los ciclos se acortan y con temperaturas bajas los ciclos tienden a prolongarse. El efecto de las precipitaciones también influyó en la mortalidad de adultos de la "La broca del café" (*Hypothenemus hampei)* que se encontraban ubicados fuera del grano.

4.6.2. Bases teóricas

El control biológico se define como la acción de parásitos, depredadores o patógenos que mantienen poblaciones de otros organismos a un nivel bajo de lo que pudiera ocurrir en su ausencia. Como tal el control biológico se distingue de otras formas de control de plagas por actuar de una manera denso-dependiente, esto es, los enemigos naturales se incrementan y destruyen una gran porción de la población cuando la densidad de esta población se incrementa (Lundgren, 2009). Este fenómeno natural de regulación de plagas manejado por el ser humano a través del realce de la intervención de agentes de control biológico, plantas y herbívoros provisto de bases ecológicas se dio a conocer en la década de los 70, como Manejo Integrado de Plagas (MIP). SENASA (2012), en los últimos años, diversas pequeñas empresas o asociaciones de agricultores han incursionado en la producción de organismos benéficos, especialmente en el ámbito de la producción de cultivos orientados a la exportación.

4.7. Hipótesis y variables de estudio

4.7.1. Definición de hipótesis

La actividad agrícola en la Región Piura es muy vulnerable a las condiciones climáticas que se presentan cada año con el incremento de las temperaturas, la humedad y los gases de efecto invernadero que pudieran estar favoreciendo la distribución geográfica y la densidad de las poblaciones de insectos. La modificación de los agroecosistemas podría estar creando condiciones favorables para el desarrollo de especies invasoras que antes no tenían la posibilidad de sobrevivir, en este contexto el incremento de la temperatura ambiental es uno de los factores que más influyen en el comportamiento, distribución y reproducción de las plagas al acortar sus ciclos reproductivos para dar lugar a más generaciones en el año.

Observaciones de campo y experiencias de algunos agricultores se constituyen en evidencias razonables que nos llevan a un análisis preliminar para establecer que el comportamiento de las plagas en la agricultura de Piura está siendo alterado por la variabilidad climática sin descartar que en la comercialización de semillas registradas pudiera existir intromisión de nuevas plagas y enfermedades que requieren de medidas de control fitosanitarias.

4.7.2. Fundamento para la definición de hipótesis

Las plagas de insectos en la agricultura ocasionan daños en los cultivos que se traducen en pérdidas de rendimientos en las cosechas y en la producción agrícola. Conocer el comportamiento ecológico y biológico de las principales plagas de importancia económica y sus enemigos naturales en la agricultura de Piura es relevante para desarrollar estrategias y métodos alternativos de control efectivos en escenarios modificados por el cambio climático.

4.8. Conclusiones

- La Región Piura es considerada como uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático; los insectos plagas y los enemigos naturales como depredadores y parasitoides son muy sensibles a estos cambios. Un aumento de temperatura de 1 °C a 2 °C ocasiona cambios que afectan el comportamiento de los insectos, como ciclo biológico, tasa de reproducción, tasas de supervivencia, tasa de mortalidad.
- El sistema productivo de la Región Piura está en grave riesgo por los incrementos de temperatura, dióxido de carbono (CO_2) y otros gases en la atmósfera que contaminan el medio ambiente, además de la variabilidad en los regímenes de lluvia con años de extrema sequía y de lluvias intensas.
- La globalización, el comercio internacional y el cambio climático favorecen la propagación de las plagas y enfermedades.
- El efecto del cambio climático causará modificaciones en el comportamiento, desarrollo y voracidad de las plagas; es decir, una mayor población de insectos con el consiguiente incremento de daños económicos a la agricultura.
- La producción de banano en Piura está siendo afectada por el incremento de daños causados por plagas como "trips de la mancha roja" y "queresas". El incremento de temperatura ha permitido que estas plagas adquieran importancia económica.
- A partir del año 2009 el efecto del cambio climático se ha hecho más evidente en el incremento de las poblaciones de "Cochinillas harinosas" de la familia *Pseudococcidae,* ocasionando serios daños en diversos cultivos como vid, cacao, mango, banano, algodonero, papaya, así como también a sus hospederos alternantes.
- El uso de la tierra en el sistema de monocultivos ha provocado cambios en el incremento de las plagas y disminución de los enemigos naturales por la destrucción de plantas silvestres que sirven como hospederos.

- El transporte de plantas proveniente de viveros frutícolas, forestales y ornamentales de un lugar a otro, contribuyen a expandir en forma rápida las plagas y enfermedades.
- Los agricultores a menudo carecen del acceso a la información sobre el manejo de plagas, enemigos naturales y uso seguro de plaguicidas, así como del equipo necesario para aplicarlos de manera segura.
- Observaciones de campo sugieren que las altas temperaturas asociadas a la durabilidad e intensidad de las lluvias inciden en el aumento de las poblaciones del "Gusano rosado de la India" (*Pectinophora gossypiella)* y favorecen la presencia de la "Cochinilla harinosa"(*Paracoccus marginatus*) en el cultivo del algodonero.
- Las plagas son muy sensibles a los cambios de la temperatura ambiental y su metabolismo aumenta con el incremento de los niveles de esta variable. Observaciones de campo en cultivos de cítricos, palto, mango, cacao, café, etc. en los valles agrícolas de Piura corroboran esta teoría.
- En la Región Piura, no existe información en investigaciones sobre la relación de la actividad metabólica con el incremento de temperatura para conocer en condiciones locales la dinámica de las poblaciones de insectos plagas, su fecundidad, supervivencia, tiempo entre generaciones, tamaño de las poblaciones y desplazamiento de estas.
- El uso indiscriminado y no controlado de pesticidas en los valles agrícolas de Piura puede causar problemas de salud pública y ambiental, debe estar sujeto a controles y regulaciones que requieren de un marco legal.
- No existe una vinculación entre las universidades, instituciones estatales, privadas, gobiernos regionales, locales, asociaciones de agricultores, etc., trabajen conjuntamente para solucionar los problemas que afectan a los cultivos de la Región Piura.

4.9. Recomendaciones

- Es necesario implementar un manejo integrado de plagas (control cultural, mecánico, biológico, químico, biológico y legal), manejo de hábitat, recuperación de los bosques adyacentes a las tierras de cultivo que sirven de refugio y constituyen un medio de intercambio de los insectos y los servicios ambientales que contribuyen en la polinización de los cultivos y el control de las plagas.
- Implementar y mejorar las estaciones meteorológicas en Piura incorporándose a sistemas satelitales para poder suministrar datos meteorológicos a los agricultores

con equipos tecnológicos de última generación.

- Diseñar, gestionar, implementar y operar un sistema de alerta temprana para plagas, como un mecanismo de prevención, adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático.
- Implementación de laboratorios e invernaderos con los adelantos tecnológicos que la ciencia pone a disposición de los investigadores para realizar estudios de biología, desarrollo poblacional y control biológico.
- Reglamentar y hacer cumplir las fechas de siembra de los cultivos de mayor importancia económica para reducir los efectos de la continuidad de las plagas procurando períodos de campo limpio.
- Vincular a las universidades con instituciones estatales, privadas, gobiernos regionales, locales, asociaciones de agricultores, etc. con el fin de conocer, discutir, analizar y proponer soluciones concertadas a los problemas fitosanitarios que afectan a los cultivos que se desarrollan en la región Piura.

REFERENCIAS

Castillo, D. (2021). *Determinar la correlación poblacional del "Trips de la mancha roja" Chaetanaphothrips signipennis en cultivo de banano orgánico en los distritos de Buenos Aires, Carrasquillo y La Matanza.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2834/AGRO-CAS-JIM-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, H. (2021). *Incidencia de adultos de la Mosca de la fruta mediante el monitoreo con Trampas Mcphail en el cultivo de mango en Chulucanas. Piura, 2020.* Informe de prácticas, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura.

ECODES. (09 de enero de 2019). *Cambio climático: ECODES*. Obtenido de ECODES Web site: https://ecodes.org/cambio-climatico/

Ecologistas en acción. (18 de marzo de 2006). *¿Por qué el cambio climático es un problema ambiental grave?: Ecologistas en acción*. Obtenido de Ecologistas en acción Web Site: https://www.ecologistasenaccion.org/4450/por-que-el-cambio-climatico-es-un-problema-ambiental-grave/

Erazo, R. (2018). *Fluctuación poblacional del "Chanchito de la vid" Planococcus citri en el cultivo de vid (Vitis vinífera 1), en el valle del Medio Piura, caserío el Papayo Castilla-Piura.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1661/AGR-ERA-AMB-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FONTAGRO. (2013). *Fortaleciendo la base productiva de pequeños productores de banano orgánico y convencional en Latinoamérica y el Caribe: Control biológico de plagas y manejo de suelos saludables.* Obtenido de FONTAGRO Web Site: https://www.fontagro.org/new/proyectos/fortalecimiento-del-banano-organico

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.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1289/AGR-LAC-SUL-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lundgren, J. (2009). *Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods* (Vol. VII). Springer SCience + Business Media B.V. doi:10.1007/978-1-4020-9235-0

Núñez, C. (2021). *Evaluación de las principales plagas y sus controladores biológicos en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en el centro de producción agrícola-Facultad de Agronomía-UNP-2018.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3146/AGRO-NUN-RUI-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortega, G. (2004). *El cultivo del algodón en el departamento de Piura: una configuración y diagnóstico de su cadena productiva.* Tesis para optar el título de Economista, Universidad de Piura, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1316/ECO_021.pdf;jsessionid=36CD5D19B85D9482A8589D472AEADB6E?sequence=1

Palacios, K. (2018). *Fluctuación poblacional del "Chanchito de la vid" Planococcus citri en el cultivo de vid (Vitis vinífera l.), en la variedad Red globe en la zona del Medio Piura. 2015.* Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1292/AGR-PAL-MON-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piura, A. d. (2021). Entrevista a agricultores provenientes de diferentes valles de la Región Piura para determinar la incidencia de plagas en diversos frutales. (C. Granda, Entrevistador)

Piura, I. d. (2022). Entrevista a ingenieros de la Región Piura para determinar la incidencia de plagas en el cultivo de palto. (C. Granda, Entrevistador)

Puelles, E. (2018). *Determinar la eficacia de dos extractos vegetales y dos tipos de hongos entomopatógenos para el control de Hypothenemus hampei (ferrari) (Coleóptera: curculionidae) en el cultivo de café orgánico, distrito de San Miguel del Faique, Huancabamba–Piura, 20.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1259/AGR-FAC-PUE-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Remigio y Yauri (2017). Implementación de un sistema de monitoreo, vigilancia agrometeorológica y alerta de plagas en el banano orgánico. Dirección Regional de Agricultura de Piura. Proyecto de Inversión pública de Banano Orgánico.

Retete, A. (2017). *Comportamiento de las principales plagas y controladores biológicos en el cultivo de algodón (Gossypium barbadense L.) de fibra extralarga en el Medio Piura, campaña agrícola.* Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1365/AGR-RET-MAR-pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reyes, P. (2014). *El algodón pima peruano: Cultivo y manejo agronómico.* Universidad Nacional de Piura, Facultad de Agronomía, Piura. Obtenido de https://repositorío.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1139/Libro%20Algodon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SENASA. (2012). *Historia del control biológico en el Perú*. Recuperado el 01 de noviembre de 2019, de Servicio Nacional de Sanidad Agraria Web Site: http//:www.senasa.gob.pe

Viñas, L. (2017). *Efecto del cambio climático en la biología de las plagas en el período 2000 al presente y las proyecciones al 2020.* Fórum: Efecto del Cambio Climático en la Agricultura de Piura.

5. Relación entre las enfermedades en los cultivos y los cambios de clima en la Región Piura

Ulises V. Vegas Rodríguez

Juan Carlos Rojas Llanque

Introducción

En el período 2011-2020, el sector agropecuario de la Región Piura registró un crecimiento promedio anual de 3.4 %. El sector fue considerado desde el inicio de la pandemia del COVID-19 como una actividad esencial, continuó operando en el año 2020 y registró un crecimiento de 7.7 % respecto al año previo. En 2020, destacó la mayor producción de uvas frescas (26.0 %), arándanos (390.9 %) y mangos (14.7 %), cultivos orientados a la agroexportación, que presentan una mayor frontera agrícola y rendimientos de producción en sus plantaciones juveniles (BCRP,2021).

Existen 1 ‘895,900 ha para la actividad agropecuaria en la región, de las cuales 386 800 ha son superficie agrícola cultivable (INEI, 2013), 4.5 % del área agrícola total.

La superficie agrícola regional da cuenta del 4.5 % del área agrícola total en el país. En la Región Piura se dispone de 244 mil hectáreas de tierras de alta calidad (GORE, 2022). Asimismo, Piura es una de las regiones con mayor infraestructura de riego en el país, al disponer actualmente de una capacidad de almacenamiento de agua de más de 640 millones de metros cúbicos en sus dos represas principales Poechos (450 MMC) y San Lorenzo (195 MMC). Entre los 10 cultivos principales, en función del área sembrada, destacan el arroz, mango, caña de azúcar, limón sutil, maíz amarillo duro, maíz amiláceo, banano orgánico, café, vid y frijol castilla (DRAP, 2022). Asimismo, los cultivos emergentes de mayor potencial a futuro son la uva, caña para etanol, berries, páprika y palto (SINEACE, 2020).

Las proyecciones del clima en la Región Piura para el año 2030 se sintetiza en lo siguiente: incremento de las precipitaciones en zonas costeras y disminución en zonas por encima de los 500 m s. n. m. También se registra un incremento de las

temperaturas máximas y mínimas en toda la región, aunque la temperatura máxima es la que muestra cambios más intensos, llegando a tener aumento de más de 2 °C en casi todas las estaciones del año (SENAMHI, 2016).

En los últimos años en la Región Piura se ha observado una variabilidad climática que podría estar incidiendo en el desarrollo de enfermedades en formas más endémicas.

Después del Fenómeno del Niño en 1998, los productores observaron que el ciclo de los cultivos se había reducido; tal fue el caso del algodón y del mango en la zona septentrional de Perú. Asimismo, la sequía produjo un aumento de plagas de insectos, en tanto que el exceso de precipitaciones y los cambios de temperatura brindaron un ámbito propicio para el desarrollo de enfermedades micóticas (Ortiz, 2012).

Jiménez-Díaz (2008), indica que el cambio climático representa una amenaza para la seguridad alimentaria de todo el planeta. La modificación de la temperatura, precipitación, humedad e incremento de los gases de efecto invernadero, favorecen la incidencia y severidad de las enfermedades en las plantas y hace mención además que el aumento en las concentraciones de CO_2 ocasionada por el cambio climático, genera cambios en la morfología de las plantas tales como el incremento de las hojas, área foliar y diámetro de los tallos y rizomas (Cox-Tamay, 2020).

5.1. Planteamiento del problema

Los cambios en el clima debido al aumento de las temperaturas máximas y mínimas como consecuencia del calentamiento global, incrementos de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, alteraciones en la frecuencia de períodos de lluvia y sequía, condiciones extremas de clima y la aparición o aumento del daño de insectos y enfermedades ponen en riesgo el sistema de producción agrícola y la seguridad alimentaria en la Región Piura.

La variabilidad en el clima afecta el desarrollo agrícola en todos los aspectos incluyendo el comportamiento de las plagas y enfermedades que atacan los cultivos. Los resultados de estos efectos varían en las diferentes regiones de la tierra y están relacionados con el tipo y especie de patógeno y con las características del cultivo. Por lo tanto, bajo el cambio de condiciones climáticas es necesario considerar todos los factores que afectan la producción agrícola y son las enfermedades que atacan los cultivos, indudablemente, uno de los más importantes.

El escenario mundial de enfermedades se verá afectado por el cambio climático debido a posibles alteraciones en el desarrollo de los patógenos, provocar cambios en las

interacciones huésped-patógeno y facilitar la aparición de nuevas razas de patógenos, que a su vez rompen la resistencia de la planta huésped (Hunjan, 2020).

La productividad agrícola depende directamente de las condiciones y cambios del clima; el crecimiento y desarrollo de los cultivos está relacionado con las modificaciones de las temperaturas máximas y mínimas, disponibilidad de agua para riego, humedad ambiental y concentración de CO_2 en la atmósfera (Shanthi, 2018). Igualmente, la presencia de las enfermedades en los cultivos está relacionada al clima y tienen un efecto negativo en el volumen y calidad de productos cosechados (Agríos, 2005). Actualmente, en la Región Piura no existen trabajos de investigación publicados o en ejecución que permitan conocer el efecto del cambio de condiciones climáticas en el comportamiento de las enfermedades como virulencia, cambios en el ciclo de desarrollo, época de aparición, interacción con el medio ambiente y monitoreo de estas.

Investigaciones a nivel internacional indican que la distribución geográfica de los patógenos está influenciada por diversos factores como clima local, distribución de plantas hospedadoras, habilidad de dispersión de los patógenos, presencia de vectores, cultivos sembrados y adaptabilidad de los patógenos a las condiciones locales para infectar nuevas plantas (Garrett *et al.* 2006). En la Región Piura, la carencia e inconsistencia de los datos dificulta el análisis de estos con el objetivo de crear la información necesaria para conocer la distribución geográfica, entender la influencia del clima en el ciclo biológico de los patógenos y estudiar la incidencia de enfermedades en los cultivos. Actualmente, no existe un sistema para analizar datos y prevenir el efecto del cambio climático como agente de cambio en la presencia y daño de las enfermedades.

El cambio climático representa uno de los diversos factores en que el ambiente puede modificar la presencia, comportamiento y nivel de daño de las enfermedades (IPCC, 2013).

En la Región Piura, las enfermedades tienen un efecto significativo en el desarrollo agrícola. Sin embargo, existe información limitada en relación con el efecto del cambio climático en la evolución de las enfermedades de los cultivos.

Los estudios sobre el control o prevención de las enfermedades, en la Región Piura, continúan limitados al uso de productos químicos los cuales son contaminantes del ambiente, perturban el equilibrio biológico y atentan contra la salud del consumidor de los productos cosechados contaminados por residuos de los productos químicos aplicados.

Los fitopatólogos en la Región Piura tienen como reto estudiar el efecto de los cambios de clima en la incidencia de las enfermedades con el propósito de entender

la interacción entre plantas hospedadoras, patógenos y nuevas condiciones climáticas para definir estrategias de prevención de los daños en el sistema de producción agrícola basadas en el análisis de datos, resultados de investigaciones y metodologías que reduzcan la contaminación ambiental.

Los adelantos científicos y tecnológicos como la biotecnología y la ingeniería genética permiten modificar la estructura genotípica de los cultivos y crear resistencia a los patógenos minimizando el uso de productos contaminantes del ambiente como los son los fungicidas.

5.2. Formulación del problema

Las enfermedades que atacan a los cultivos en la Región Piura son uno de los factores más importantes que afectan, directamente, la productividad agrícola poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. El cambio climático agravará esta situación debido a las alteraciones ambientales que influyen en el ciclo biológico de las enfermedades.

La presencia de enfermedades en combinación con las plagas causa reducción en la producción de los cultivos, deterioro de la calidad de los productos cosechados e incrementa el riesgo de pérdida de los recursos alimentarios.

La destrucción de la capa de ozono, emisión de gases de efecto invernadero y alteraciones de los indicadores del cambio climático afectan el desarrollo de los cultivos debido, principalmente, al incremento de las temperaturas como consecuencia del calentamiento global. Cambios en las temperaturas afectan las épocas de siembra, aceleran los procesos fisiológicos de los cultivos y propician modificaciones del ciclo biológico de las enfermedades de los cultivos. La acumulación de CO_2 en la atmósfera es el factor determinante del cambio de temperaturas.

Los modelos climáticos a nivel mundial muestran un incremento gradual de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera que origina el aumento de temperaturas. Igualmente, los mismos modelos proyectan la ocurrencia de eventos extremos de clima como sequías, inundaciones y aumentos de temperatura que afectarán la producción agrícola e influyen en donde y cuando las enfermedades puedan ocurrir.

Informe internacional de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022) establece que el nivel de CO_2, actualmente en la atmósfera, es 50 % más grande que los niveles de la época preindustrial. El mismo informe indica que la medida de CO_2 en la atmósfera (junio 2022) es de 421 partes por millón (ppm) siendo 1.8 ppm más que en 2021 y 105 ppm más grande que en 1960. La NOAA establece que la contaminación con CO_2 se genera a partir de los combustibles usados

por el transporte, generadores de electricidad, fabricación de cemento, deforestación, agricultura y otras prácticas. Los gases llamados de efecto invernadero retienen el calor de la radiación desde la tierra que debe escapar en el espacio causando alteraciones climáticas como condiciones extremas de calor, sequías, incendios, precipitaciones e inundaciones.

En la Región Piura, actualmente, los factores que mayormente contribuyen a la contaminación ambiental son transporte, manejo de residuos y el sistema agrícola.

Indicadores del cambio climático tales como aumento de la contaminación por CO_2 y otros gases, incremento de temperatura y sequías prolongadas causarán efectos en la fisiología de las plantas hospederas que podría alterar la colonización de los tejidos por parte de los patógenos. Igualmente, cambios como altas temperaturas aceleraría la muerte de los tejidos (Elad y Pertot, 2014). Nuevas razas de patógenos podrían desarrollarse en situación de alta concentración de CO_2 causando incrementos de la severidad de las enfermedades. Estas líneas de investigación no son parte de los estudios fitopatológicos en la Región Piura los cuales están orientados a la evaluación y uso de fungicidas como factor curativo que contaminan el ambiente y afectan la salud del consumidor debido a los residuos en los productos cosechados.

En la Región Piura no se cuenta con datos sobre las mediciones de CO_2 en la atmósfera ni tampoco existen acciones concretas para minimizar la contaminación ambiental. Las bases de datos de variables climáticas no tienen consistencia a través del tiempo y muestran errores que dificultan el análisis de estos para generar la información necesaria, obtener conclusiones, tomar decisiones cuantitativas y crear estrategias de control con mínimo efecto y daño en el medio ambiente.

Temperatura máxima y mínima son factores climáticos determinantes en el ciclo de las enfermedades desde la inoculación hasta la reproducción, colonización y severidad de esta. Temperaturas altas incrementan el estrés en la planta alterando los estados de desarrollo, capacidad de infección de los agentes patógenos, fisiología y resistencia de las plantas hospedadoras (Gautam, Bhardwaj y Kumar, 2013). Las características de las condiciones climáticas en la Región Piura permiten desarrollar agricultura en casi todos los meses del año ampliando el tiempo y condiciones favorables para la reproducción y diseminación de los patógenos que atacan a los cultivos.

A partir del año 2010, con el aumento de la temperatura, se han incrementado los daños ocasionados por las enfermedades que atacan a los diferentes cultivos de la Región Piura. En el caso del mango, uno de los cultivos de exportación más importante, las variedades locales son afectadas por diversas enfermedades que deterioran la calidad

del fruto y en consecuencia la calidad para exportación. "Oidiosis" causada por el hongo *Oidium mangiferae* destruye los tejidos jóvenes como hojas, brotes, flores y frutos pequeños; la actividad del hongo se intensifica con el incremento de la humedad. "Antracnosis" producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides,* es una enfermedad pre y postcosecha del mango causando pérdidas directas de rendimiento en el campo, calidad de fruto y a la comercialización posterior incluyendo la exportación debido a las manchas que puede presentar el fruto o en algunos casos puede afectar la textura y sabor del fruto. Otra enfermedad que ataca a la planta de mango en cualquier etapa del ciclo de desarrollo es la "muerte regresiva del mango" causada por el hongo *Lasiodiplodia theobromae* que además causa la pudrición peduncular del fruto originando pérdidas económicas (Javier, 2017).

El limón es uno de los productos agrícolas de gran demanda en el mercado nacional e internacional por las características de sabor, valor nutricional y múltiples aplicaciones en la dieta y consumo popular. Sin embargo, en la actualidad la producción de limón en la Región Piura está afectada por el daño que producen diversas enfermedades. "Pudrición radicular" causada por el hongo *Phytopthora parasítica* que prolifera debido al exceso de humedad en el suelo o por inundaciones. "Antracnosis" es el síntoma de la enfermedad producida por infección del hongo *Colletotrichum acutatum;* las condiciones climáticas de temperatura y humedad altas favorecen la presencia de esta enfermedad. Las pérdidas económicas causadas por antracnosis ocurren por la reducción directa de calidad y cantidad de producto cosechado.

El cultivo de palta ha adquirido, en años recientes, importancia económica debido al aumento de las exportaciones por su aceptación y calidad. La demanda de la fruta en los mercados internacionales se ha incrementado motivando el aumento de las áreas de siembra y la necesidad de implementar sistemas de protección del volumen y calidad de producto cosechado para responder a las exigencias de los diferentes mercados.

El aumento de las áreas de producción de palta y las alteraciones del clima, que ocurren actualmente, son factores relevantes que considerar para mantener los requerimientos de calidad afectados por las diferentes enfermedades pre y postcosecha que ponen en riesgo la economía del productor. El cultivo de palta es afectado por diversas enfermedades como "antracnosis" causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*; la "pudrición radicular" causada por el *oomycete Phytophthora sp.* es una enfermedad de importancia económica y está presente en las zonas productoras de palta y la "marchitez" causada por *Verticillium sp.* (Alama y Rodriguez-Galvez, 2017).

El cultivo de vid ha adquirido importancia económica debido a las exportaciones a mercados internacionales; sin embargo, existen diversas enfermedades que ponen en riesgo la calidad del producto cosechado. Rodriguez-Galvez (2017) indica que entre 2012 y 2013 aparecen los síntomas de la enfermedad *mildiu de la vid* potencialmente peligrosa, causada por el hongo *Plasmopara viticola* que afecta a todas las partes verdes de la vid y se detecta la "muerte regresiva de la vid" provocada por una enfermedad fungosa *Eutypa lata* que afecta las partes leñosas de la planta; en 2015 aparecen los síntomas de la enfermedad "pie negro de la vid".

En la Región Piura existen aproximadamente 9 mil hectáreas para producción de banano orgánico y más de 7 mil hectáreas para producción de banano convencional logrando incrementar las exportaciones de banano local a diferentes mercados internacionales. Sin embargo, en el banano orgánico como producto de exportación y debido a los requisitos y controles de calidad no es aceptable usar productos químicos para el control de enfermedades. En la actualidad, se han identificado enfermedades como *erwinia* que afecta el cono, pseudotallo y frutos. La "marchitez" causada por el hongo *Fusarium oxysporum f. Sp cubense* y el "trips de la mancha roja" que causa un daño estético sobre la superficie de la fruta (Ancajima y Cortez, 2021). Todas estas enfermedades afectan la calidad del banano con el consecuente perjuicio económico para el productor.

El rango de impacto *Fusarium r4t* es grande y proporcional a la contención de la enfermedad y la capacidad financiera del productor para enfrentar simultáneamente pérdidas de rendimiento y mayores costos de producción. En el caso de Perú y Colombia, la mayor propagación de Foc TR4 podría conducir a pérdidas de producción de banano orgánico para exportación. La situación actual en el continente americano es aún más complicada dada la reciente declaración (19 de enero de 2023) de la presencia de Foc TR4 en Venezuela. Si la enfermedad se extendiera más a otras regiones, los bananos convencionales destinados tanto a la exportación como a los mercados nacionales podrían estar en juego, lo que generaría importantes problemas de seguridad alimentaria (Martinez, 2023)

El cultivo de algodón fue uno de los cultivos más importantes en la Región Piura. Actualmente, el área sembrada ha disminuido significativamente, pero la demanda de la calidad de fibra en los mercados internacionales podría ser motivo para incrementar las siembras de este cultivo. Reyes (2014) establece que diversas enfermedades atacan el cultivo de algodón, siendo las principales "chupadera fungosa" o *dumping off* causada por los hongos *Rhizoctonia solani K, Pythium spp.* Y *Fusarium spp.* producen diversos daños desde el deterioro de la semilla impidiendo la germinación hasta la muerte de las

plántulas. "Marchitez" o "Fusariosis" enfermedad fibrovascular causada por el hongo *Fusarium oxysporum f. vasinfectum* que produce el marchitamiento y muerte posterior de la planta. "Pudrición carbonosa" es una enfermedad radicular causada por el hongo *Macrophomina phaseolina*, frecuente sobre todo en suelos pobres y arenosos. Otras enfermedades de menor importancia son "bacteriosis", "podredumbre de las cápsulas", "falso mildiu" y virosis. La "bacteriosis" es causada por la bacteria *Xanthomona campestris pv.malvacearum*, conocida también como "mancha angular" afecta las hojas y "brazo negro" presente en tallos y ramas.

Los cambios de las condiciones ambientales en la Región Piura aumentan el riesgo de desarrollo de las diferentes actividades y la agricultura es una de ellas. La productividad agrícola depende y está directamente relacionada a los cambios del clima. El crecimiento y desarrollo de los cultivos está relacionado a los cambios en la temperatura, precipitaciones y concentraciones de CO_2.

Las enfermedades de los cultivos, como proceso biológico, están igualmente relacionadas al cambio del clima y se consideran como una alteración que interrumpe o modifica las actividades vitales de las plantas. El efecto del cambio climático en el comportamiento de las enfermedades de plantas no puede ser analizado con precisión en el sentido que el patógeno se ve favorecido o se ve inhibido o que no puede tener impacto en ningún sentido. Se conoce que el comportamiento de la enfermedad depende de las condiciones climáticas, de la distribución de la planta huésped, de la resistencia de la planta, de la presencia del vector, de la virulencia del patógeno y de la adaptabilidad e interacción con la planta huésped. Igualmente, se conoce que el cambio climático modifica la fisiología y resistencia de la planta, altera los estados de desarrollo de los patógenos y tiene efecto en la distribución geográfica de estos (Sharma *et al.*, 2019).

Los incrementos de temperatura tienen efecto en el ciclo de las enfermedades desde la inoculación hasta la reproducción y colonización alterando los estados de desarrollo, patogenicidad de los agentes infecciosos y la fisiología y resistencia de las plantas huésped. Las respuestas a estas situaciones y/o consideraciones no se encuentran en la Región Piura. La falta de información para entender el efecto del cambio climático bajo las condiciones climáticas actuales aumenta el riesgo de la agricultura y peligra el mantenimiento del sistema alimentario en la Región Piura.

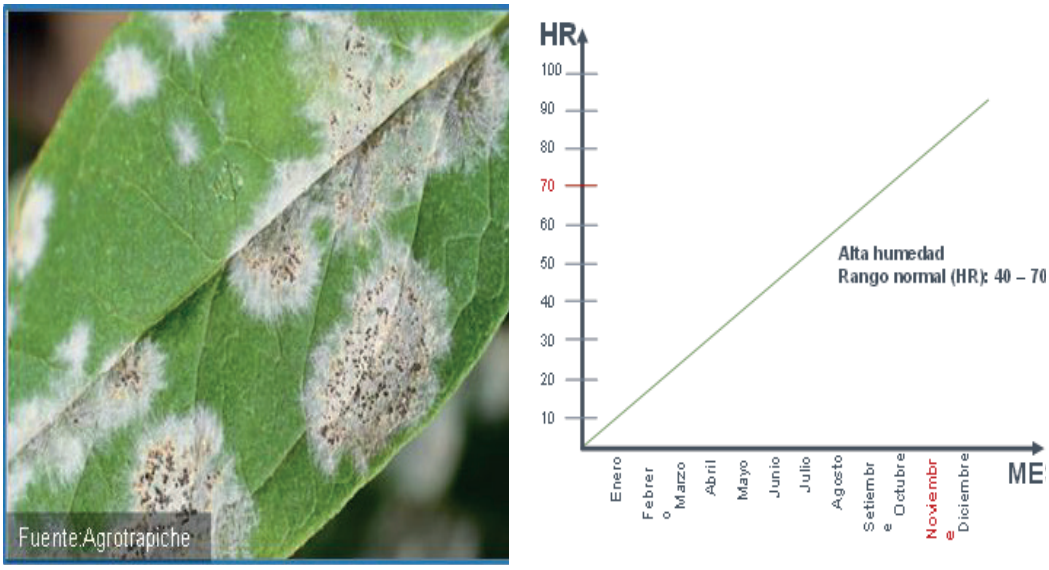
De acuerdo a lo informado por Vegas (2022), los factores que inciden en el crecimiento de poblaciones de plagas en escenarios de cambio climático, son las variaciones de las temperaturas máximas y mínimas, las precipitaciones y la humedad

relativa. Menciona que en el cultivo de mango las principales enfermedades son el oídium y la antracnosis. En el caso del oídium, las verificaciones de campo permiten afirmar que la humedad relativa crítica para el ataque de la enfermedad está en 70 %, tal como se presenta en la Tabla 5.1. y Figura 5.1.

Tabla 5.1. Enfermedades que atacan al cultivo de mango en Piura**.**

Enfermedades	Nombre científico	Órgano Atacado
Oidium	Oidium mangiferae	Hojas, panículas florales y frutos
Antracnosis	Colletotricbum gloeosporiodes	Frutos maduros

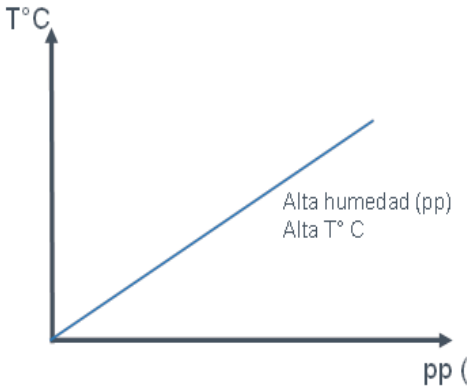
Figura 5.1. Síntomas del ataque de oídium en el cultivo de mango y nivel crítico de humedad relativa.



En el cultivo de limonero se presenta el ataque de antracnosis que ataca principalmente a los brotes florales, cuyo agente es *Colletotrichum sp*, donde se conjugan valores altos de temperatura y humedad relativa para el ataque severo de la enfermedad, tal como se muestra en la Figura 5.2.

Figura 5.2. Síntomas del ataque de antracnosis en el cultivo de limonero condiciones de temperatura y precipitación para su aparición.





El cultivo de cacao en Piura es muy importante en la agricultura familiar, muy apreciada para el mercado de exportación, por ser un cacao blanco fino de aroma. Sin embargo, es atacado por diversas enfermedades, cuya severidad en el ataque depende de las condiciones ambientales, tal como se muestra en la Tabla 5.2. y Figura 5.3.

Tabla 5.2. Enfermedades que atacan al cultivo de cacao en Piura**.**

PLAGAS	NOMBRE CIENTÍFICO
Moniliasis	Moniliophthora roreri
Escoba de bruja	Crinipellis pernicosa
Mazorca negra, Pudrición parda	Phytophthora sp
Mal del machete	Ceratocystis fimbriata
Mal de talluelo	Rhizoctonia solani
Pie negro, pudrición negra de la raíz	Rosellinia bunodes
Mal rosado	Corticium salmonicolor
Antracnosis	Colletotrichum gloeosporioides

Figura 5.3. Síntomas del ataque de mazorca negra, pudrición parda *(Phytopthora sp*) en el cultivo de cacao y fases de evolución de la enfermedad**.**



Fase inicial, aparición de la mancha. 5 días.

Ataque en frutos y tallos.

Configuración de la mancha. 5 a 10 días.

Esporulación y diseminación. 10 a 15 días.

El cultivo de café es otro cultivo de exportación muy importante en la Sierra de Piura, es atacado por diversas enfermedades entre las cuales se puede mencionar Pie negro cuyo agente causal es *Rosellinia bunodes* y Roya Amarilla con el agente causal *Hemileia vastatrix.* En la Figura 5.4., se puede apreciar el ataque de las referidas plagas.

Figura 5.4. Síntomas del ataque de pie negro y roya amarilla en el cultivo de café.



Síntomas de ataque de pie negro en café: pudrición de raíces, corteza desorganizada y color negro. Área foliar con marchitez, necrosis de tejido y muerte.

Síntomas de ataque de roya amarilla. Al inicio pequeñas manchas de 1 a 3 mm, luego crecen y coalescen formando manchas grandes con abundantes esporas en el envés de las hojas.

Murguía (2022), Afirma que la enfermedad de una planta es el resultado de la interacción compatible entre un ambiente favorable, un patógeno virulento y un hospedante susceptible; lo que se conoce como el triángulo de la enfermedad.

No se ha encontrado referencias científicas del potencial impacto del cambio climático sobre varias enfermedades que se presentan en algunos cultivos de la región Piura (Tabla 5.3). De acuerdo a los posibles escenarios climáticos, se estima que el calentamiento global favorecería las oidiosis de la vid, mango y frijol, probablemente debido a que estos patógenos son mucho más agresivos a baja humedad relativa y temperaturas cálidas. Lasiodiplodia theobromae y otros hongos causantes de la muerte regresiva y enfermedades de la madera en vid, mango, arándano y cacao, causan daños económicos importantes en plantas estresadas por la falta de agua, altas temperaturas o ingresan por las heridas causadas por las podas. La severidad de estas enfermedades podría aumentar frente al calentamiento global. El reto en la lucha contra estos patógenos dependerá del control biológico, control químico y del manejo cultural o agronómico de estos cultivos. En la tabla 5.3, se puede observar los efectos potenciales del cambio climático, sobre las enfermedades endémicas de mayor importancia de los principales cultivos en la Región Piura, se indica el hospedero (especie cultivada), el patógeno (agente causal), la severidad de la enfermedad y los factores que originan los efectos potenciales.

Tabla 5.3. Efectos potenciales del cambio climático, sobre las enfermedades endémicas de mayor importancia económica, en los principales cultivos de la región Piura.

Hospedero	Patógeno	Severidad de la enfermedad	Razones de los efectos	Referencias
Banana	BSV Badnavirus (virus del rayado del banano)	+	Aumento de la temperatura	Gasparotto y Pereira (2008)
	Fusarium oxysporum f. sp. cubense (marchitez)	+	Aumento de la temperatura	Gasparotto y Pereira (2008)
	Thielaviopsis paradoxa, Lasiodiplodia theobromae, Colletotrichum musae, Fusarium verticillioides (pudrición de la corona)	+	Dependiendo de la zona productora (costa o sierra). Patógenos pos cosecha.	Lassois et al. (2010)
Vid	Oidium tuckeri (oidiosis)	+	Aumento de la temperatura	------
	Plasmopara vitícola (mildiu)	+	Aumento de la temperatura	Salinari et al. (2006), Angelotti et al. (2017)
	Lasiodiplodia theobromae (muerte regresiva)	+	Aumento de la temperatura	
	Meloidogyne spp. (nematodo de las agallas radiculares)	+	Aumento de la temperatura	Ghini et al. (2008)

Caña de azúcar	Sporisorium scitamineum (carbón de la caña)	=	Diseminado por semilla vegetativa infectada	Sanguino (2008)
Mango	Meloidogyne spp. (nematodo de las agallas radiculares)	+	Aumento de la temperatura	Ghini et al. (2008)
	Oidium mangiferae (oidiosis)	+	Aumento de la temperatura	------
	Lasiodiplodia theobromae (muerte regresiva)	+	Aumento de la temperatura	------
Cítricos	Colletotrichum gloeosporiodes (antracnosis)	+	Aumento de la precipitación	------
	Colletotrichum acutatum (antracnosis)	+	Aumento de la precipitación y temperatura	Jesús Junior (2008) et al.
	Phytophthora parasítica. Phytophthora citrophthora (pudriciones radiculares)	+	Aumento de la precipitación y temperatura	------
Palto	Lasiodiplodia theobromae (muerte regresiva)	+	Aumento de la temperatura	------
Cacao	Lasiodiplodia theobromae, Moniliophthota roreri (muerte regresiva y moniliasis)	+/-	Dependiendo de la altura	------
	Phytophthora palmivora (pudrición radicular)	+/-	Dependiendo de la altura	------
Café	Hemileia vastatrix, Mycena citricolor (roya y ojo de gallo)	+	Aumento de temperaturas invernales	Pozza and Alves (2008)
Arándano	Lasiodiplodia theobromae, Lasiodiplodia laeliocattleyae, Neopestalotiopsis rosae (muerte regresiva	+	Aumento de temperaturas invernales	Pozza and Alves (2008)
Capsicum	Phytophthora capsici (pudrición radicular)	+	Aumento de la precipitación y temperatura	Kobori et al. (2008)
	Oidiopsis sicula (oidiosis)	+	Aumento de la precipitación y temperatura	Kobori et al. (2008)
	ToMV y PMMoV Tobamovirus (mosaicos)	=	Trasmitidos por contacto y semilla	Kobori et al. (2008)
Arroz	Rhizoctonia oryzae, Rhizoctonia solani, Rhizoctonia oryzae-sativae, Nakataea sigmoidea, Sarocladium oryzae (pudriciones de tallos y vainas)	+	Trasmitidos por contacto y semilla	Prabhu et al. (2008)
Papa	Phytophthora infestans (tizón)	+/-	Aumento de temperaturas y disminucion de precipitaciones	Lopes et al. (2008)
	Pectobacterium atrosepticum Pectobacterium carotovorum (pudrición blanda y pie negro) ± Dependiendo de la especie y la temperatura. Lopes et al. (2008) Ralstonia solanacearum (marchitez)	+	Aumento de la temperatura	Lopes et al. (2008)

Fuente: Murguía C. (2022).

5.3. Objetivos

Un ejemplo del efecto devastador del cambio climático es la intensificación de las precipitaciones en períodos cortos que causan inundaciones. Otro ejemplo es el período de sequías que actualmente ocurre por varios años causando modificaciones en las funciones biológicas de las plantas pudiendo resultar en mayor susceptibilidad a las enfermedades de estas. El cambio climático tiene efecto directo en el "triángulo de las enfermedades" que involucra la presencia del huésped susceptible, agente patógeno y las condiciones ambientales necesarias para que ocurra la infección. El cambio climático altera las condiciones ambientales favoreciendo al huésped o al patógeno.

En la década reciente a nivel internacional tanto la academia, las instituciones gubernamentales de investigación agrícola y biológica y los centros de investigación de las empresas privadas han aportado información y continúan publicando resultados de investigaciones sobre la relación cambio climático-biología-enfermedades para delinear con criterio cuantitativo estrategias de adaptación, prevención y control de las enfermedades de cultivos bajo las diferentes condiciones climáticas causadas por el calentamiento global.

En la Región Piura no existen investigaciones sobre el efecto del cambio climático en el ciclo biológico de las enfermedades que atacan a los cultivos. Los documentos existentes muestran, en su mayoría, el control de las enfermedades usando productos químicos comerciales que contaminan los productos cosechados y alteran el equilibrio biológico. Carencia de información sobre el uso de los adelantos tecnológicos que la ciencia pone a disposición de los investigadores. Por lo tanto, es prioritario definir objetivos que respondan al riesgo creado por el efecto del cambio climático en las enfermedades de los cultivos regionales:

- Proporcionar justificación y evidencia científica para todas las medidas fitosanitarias incluyendo aquellas desarrolladas por las instituciones de investigación agrícola y producción de alimentos.
- Activar el cumplimiento, sin excepciones, de las políticas relacionadas a la vigilancia y monitoreo para detectar la introducción de nuevas enfermedades o estado de las actuales.
- Desarrollar modelos predictivos que permitan obtener información sobre el comportamiento de las enfermedades debido a las alteraciones del clima y cambios en las prácticas agrícolas.
- Analizar, ejecutar e implementar metodologías relacionadas a la protección vegetal, no desarrolladas en la Región Piura, como la ingeniería genética y biotecnología.

- Investigar a través de experimentos multifactoriales en condiciones de laboratorio y campo de las interacciones entre temperatura, agua, humedad, patógeno, virulencia y huésped.
- Evaluar la interacción entre el sistema actual de control de enfermedades basado en el uso de agroquímicos en las nuevas condiciones de clima originadas por el calentamiento global.

5.4. Importancia de la investigación

El cambio climático es una de las amenazas más grandes del presente siglo para la sobrevivencia de todos los sistemas de vida. El cambio climático es el resultado de la aceleración en el incremento de la temperatura, concentraciones de CO_2 y presencia de eventos extremos de condiciones climáticas. Los efectos negativos se observan mayormente en los países en desarrollo donde se producen daños a la productividad agrícola contribuyendo a la desnutrición, pobreza y asociación con enfermedades.

Las enfermedades de plantas son uno de los factores de efecto directo en la agricultura y pueden causar reducciones significativas en la producción de los cultivos. De acuerdo con la información actual en la Región Piura es posible concluir que las instituciones responsables del desarrollo agrícola de la región no tienen investigaciones relacionadas a conocer el efecto del cambio climático sobre los factores importantes del proceso de producción agrícola dentro de los cuales las enfermedades de los diversos cultivos es uno de estos.

Cambiando el escenario del "triángulo de las enfermedades" debido a las alteraciones del clima resulta prioritario la ejecución de estudios en los cuales se pueda predecir la severidad y virulencia de los patógenos que afectan los principales cultivos de la Región Piura en condiciones de campo de producción. Igualmente, las estrategias de control de enfermedades deben ser reorientadas para minimizar el efecto contaminante de los fungicidas sobre los productos cosechados que afectarían la salud de los consumidores y destruyen el equilibrio biológico.

Es necesario evaluar bajo las nuevas condiciones de clima las diferentes alternativas que el desarrollo científico pone a disposición de los investigadores analizando la interacción huésped-patógeno y las alternativas de adaptación que se deben conducir para entender cómo los cambios inminentes del clima pueden afectar el comportamiento de las enfermedades.

5.5. Limitaciones de la investigación

La carencia de bases de datos históricos del comportamiento de las enfermedades de los diversos cultivos en la Región Piura, predominancia del control de enfermedades basado en la aplicación de agroquímicos, falta de aplicación de biotecnología y bases moleculares de las interacciones planta-microorganismo, escasez de información sobre diversidad genética y comportamiento de poblaciones de patógenos, ausencia de investigación sobre resistencia genética y control integrado de las enfermedades de cultivos son los principales factores que limitan la investigación sobre el comportamiento de las enfermedades en las nuevas condiciones climáticas creadas por el calentamiento global.

Es conveniente reorientar la investigación fitopatológica hacia la búsqueda de una estrategia integral basada en la colección de datos y la aplicación de principios agronómicos como resultados de la investigación tecnológica en laboratorio y campo que permita una comunicación proactiva entre el investigador y el agricultor elevando la calidad del servicio y creando confianza en la comunidad agrícola. La captura de datos y el trabajo del agrónomo en el campo deben facilitar la relación con el agricultor con el propósito de identificar los datos relevantes a la investigación y experiencia práctica en el campo; los análisis de datos climáticos, desarrollo de cultivo, patógenos e inteligencia analítica transforman los datos en información para crear estrategias y acciones que permitan incrementar los rendimientos y mejorar la utilidad económica.

5.5.1. Antecedentes del problema fitopatológico

El sistema tradicional de protección vegetal en la Región Piura se basa en la aplicación de productos químicos y los documentos existentes publicados por instituciones académicas y gubernamentales relacionadas a agricultura muestran resultados de clasificación taxonómica de los patógenos o eficacia de productos químicos comparando marcas comerciales, dosis, época de aplicación y la respuesta del cultivo huésped. La información proveniente del análisis de resultados de investigaciones sobre el efecto del cambio climático en el comportamiento de los patógenos es limitada.

La carencia de investigación y publicaciones sobre el efecto del cambio climático en la presencia de enfermedades permite señalar que la Región Piura no cuenta con documentación de consulta que resuma de manera sistemática y sencilla a los diversos agentes biológicos causantes de daños y pérdidas en las cosechas y en la calidad de los productos cosechados en las nuevas condiciones climáticas. Razón por la cual, es

importante reorganizar la educación, investigación y comunicación de resultados para prevenir situaciones de riesgo irreversible.

5.5.2. Bases teóricas

El cambio climático modifica la relación o interacción entre las condiciones ambientales, huésped susceptible y agente patógeno que son las condiciones necesarias para la ocurrencia de la infección. El aumento de las temperaturas, cambios en la frecuencia de lluvias y sequías y desconocimiento de la contaminación ambiental, principalmente por CO_2, en la Región Piura plantean la necesidad modificar el control de enfermedades por el análisis e investigaciones que permitan incrementar el conocimiento del comportamiento de los agentes causales de las enfermedades, los signos y síntomas que se producen en las plantas y el efecto que tienen las nuevas condiciones ambientales en la ocurrencia de las enfermedades.

El análisis del efecto del cambio climático sobre el comportamiento de las enfermedades de plantas implica la coordinación entre especialidades siendo la más importante la fitopatología que debe complementarse con la información meteorológica, análisis cuantitativo de datos, estadística y experimentación agrícola, biotecnología e ingeniería genética. Los mecanismos de defensa de las plantas en contra de los patógenos, incluyendo resistencia y tolerancia, deben ser parte de la investigación para minimizar el riesgo de la presencia de enfermedades en los cultivos.

5.6. Hipótesis

La producción agrícola en la Región Piura es una de las actividades más vulnerables a los efectos que se originan por el cambio climático como consecuencia del calentamiento global. Incremento de temperaturas, períodos extremos de calor y diferentes regímenes de lluvia y sequía son parte de los cambios que alteran la relación ambiente-huésped-patógeno. Por lo tanto, la fitopatología expande sus requerimientos a la necesidad de un enfoque multidisciplinario para capturar la complejidad de las interacciones cultivo-enfermedad. Los avances en el desarrollo científico y tecnológico y el reciente desarrollo de la fitopatología permiten enfrentar los retos actuales y futuros en los próximos años. Por lo expuesto se plantean las siguientes hipótesis:

- El cambio climático modifica el comportamiento de las enfermedades en la Región Piura: ciclo biológico, velocidad de desarrollo, virulencia, velocidad de propagación, migración geográfica, incidencia y dispersión.
- Modificaciones de los indicadores del cambio climático alteran su relación con el complejo huésped-patógeno
- Biotecnología es la estrategia para minimizar la presencia de enfermedades y reducir la contaminación del medio ambiente
- El cambio climático modifica el comportamiento de los patógenos al afectar los factores del sistema productivo: agua, suelo, plagas

5.7. Metodología para la investigación

Análisis de datos es la parte decisiva en el proceso de entender el control de enfermedades en las condiciones climáticas creadas por el calentamiento global. La necesidad de mantener el sistema alimentario se compromete a mejorar la precisión y eficiencia de la agricultura y minimizar los factores que puedan perjudicar el volumen y calidad de la producción como son las enfermedades. Las oportunidades para el análisis de datos en el control de enfermedades no tienen límites y existen beneficios como: crear innovaciones para mejorar la productividad, información para entender los retos de los cambios climáticos en el comportamiento de los patógenos, reducir el daño en la producción y mejorar el retorno económico del productor a través de colección, estandarización, preparación, transformación, análisis de los datos para generar la información sobre el control de enfermedades.

La metodología de investigación localiza y delimita el problema en el control de enfermedades, permite recolectar datos y usar métodos de investigación cuantitativa y cualitativa para generar las hipótesis que deben ser probadas a través de metodologías estadísticas, experimentales y en condiciones de campo.

5.8. Conclusiones

El diagnóstico sobre el estado y situación actual del sistema de control de enfermedades que afectan los cultivos en la Región Piura establece las siguientes conclusiones:

1. La Región Piura no cuenta con la infraestructura adecuada de laboratorios especializados en análisis fitopatológicos que permitan el conocimiento de la

interacción entre el cambio climático, respuesta del huésped y virulencia del patógeno.

2. La investigación agrícola en la Región Piura para el control de enfermedades se basa, mayormente, en la aplicación de productos químicos, prueba de productos comerciales, dosis o épocas de aplicación sin mencionar el efecto residual en los productos cosechados para consumo humano.
3. Actualmente no existe en Piura información sobre el uso de técnicas de modificación genética para la búsqueda de resistencia a enfermedades. En los últimos veinte años, investigaciones en genética, bioestadística y biotecnología han logrado resistencia genética al ataque de enfermedades en los cultivos.
4. El diagnóstico sobre la situación del control de enfermedades en la Región Piura pone en evidencia la necesidad urgente de implementar la infraestructura adecuada de laboratorios, estaciones experimentales, estaciones meteorológicas funcionales y actualización de la capacitación profesional de acuerdo con adelantos científicos para responder al efecto negativo de las enfermedades de los cultivos en las condiciones del cambio climático.
5. Evidencias de campo que requieren ser investigadas con mayor precisión, permiten afirmar que, en condiciones de cambio climático, hay un incremento del daño económico en plagas ya conocidas y nuevas plagas que eran potenciales.

5.9. Recomendaciones

- El diagnóstico sobre la situación del control de enfermedades en la Región Piura recomienda crear laboratorios especializados en fitopatología, dotar a los laboratorios de la tecnología actualizada para responder a los problemas fitopatológicos, actualizar los programas de estudio y formación profesional en fitopatología, crear programas de apoyo al agricultor y buscar coordinación de esfuerzos con otros centros de investigación.
- El diagnóstico recomienda usar los avances logrados por la genética de plantas, biotecnología y bioestadística que se han desarrollado a través del tiempo. Nuevas metodologías, incremento en la eficiencia tecnológica y metodologías de investigación están disponibles para los estudios fitopatológicos.
- La aplicación de la fitopatología es una actividad científica y dinámica estrechamente relacionada a una serie de disciplinas que incluye: genética, biología molecular, biodiversidad o recursos genéticos, estadística, fisiología vegetal, agronomía,

entomología, ciencia del suelo, ecología, meteorología y economía agrícola entre otras. Por lo expuesto, para establecer programas de control de enfermedades que respondan a las condiciones ambientales creadas por el cambio climático en la Región Piura se recomiendan proyectos coordinados con el objetivo de maximizar los resultados y beneficios de las investigaciones.

- Diseñar, gestionar, implementar y operar un sistema de alerta temprana para plagas, como un mecanismo de prevención, adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático.

REFERENCIAS

Agríos, G. (2005). *Plant diseases caused by fungy.* Burlington: Elsevier Academic Press, USA. 952p.

Alama, E., & Rodriguez-Galvez, E. (2005). Lasiodiplodia theobromae afectando el cultivo de palto (Persea americana) en las condiciones de Piura-Perú. *XVIII Congreso Peruano de Fitopatología.* Huaraz: Universalia 11(2) 2006.

Ancajima, A., & Cortez, H. (2021). *Tesis: Enfermedades que afectan la agroexportación de banano orgánico (Musa paradisiaca) en el valle del Chira.* Sullana-Perú: Universidad Nacional de Frontera.

Elad, Y., & Pertot, I. (2014). Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. *Journal of Crop Improvement.*, 28(1):99-139.

Garrett, K., Dendy, S., Frank, E., Rouse, M., & Travers, S. (2006). Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. *Annual Review of Phytopathology.*, 44:489-509.

Gautam, H., Bhardwaj, M., & Kumar, R. (2013.). Climate change and its impact on plant diseases. *Current Science.*, 1685-1691.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013.). *The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report.* Cambridge, UK.: Cambridge University Press.

Javier Alva, J. (2017). Alternativas de investigación de nuevas tecnologías para el control de enfermedades en condiciones de cambio climático. *Forum: Efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.* Piura.

Martinez, G. (2023). *The advance of Fusarium Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean.* Pathogens, 12(2), 277.

Murguía, C. (2022). Perspectivas del cambio climático y probables impactos sobre las enfermedades de plantas en la Región Piura. Catedrático de la Escuela de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura, Perú Email: cmurguiar@unp.edu.pe

National Oceanic and Atmospheric Administration. (Junio de 2022). *NOAA.* Obtenido de NOAA: https://www.noaa.gov/news-release/carbon-dioxide-now-more-than-50-higher-than-pre-industrial-levels

Reyes, P. M. (2014). *El algodón Pima peruano: cultivo y manejo agronómico.* Piura-Perú: Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Piura.

Rodriguez-Galvez, E. (2017). Enfermedades de los cultivos de mango y vid y su relación con el cambio climático. *Fórum: Efecto del Cambio Climático en la Agricultura de la Región Piura.* Piura.

Shanthi, S. (2018). Climate change and its impact on agricultural productivity in India. *International Journal of Recent Research Aspects Special Issue*, 695-697.

Sharma, S., Hooda, K., & Goswami, P. (2019). Scenario of plant diseases under changing climate. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2490-2495.

6. Mejoramiento genético de plantas como alternativa para mitigar el efecto negativo del cambio climático en la agricultura de la región Piura

Marco E. Nevado Burgos

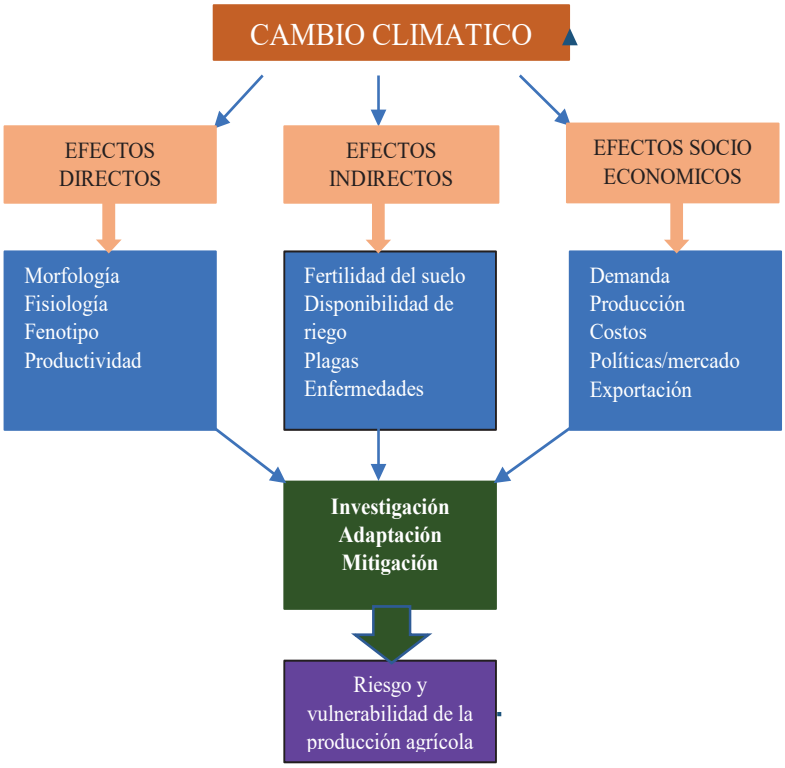
Introducción

En la Región Piura, la producción agrícola representa una de las actividades productivas más importantes y en base a información estadística existe evidencia del crecimiento y desarrollo de la agricultura con una contribución directa a la economía regional y nacional. Diversos cultivos forman parte de la capacidad productiva incluyendo el auge de productos de exportación como uva, plátano, palta, etc., al igual que los productos de consumo nacional representados por maíz, arroz, menestras y otros.

Actualmente la producción agrícola de la Región Piura se ve afectada por los cambios medioambientales; igualmente, con el incremento de la población en la región y a nivel nacional aumenta la demanda en volumen y calidad de productos alimenticios creando una preocupación sobre la estabilidad de producción para evitar el desabastecimiento en los mercados.

Diversos componentes del sistema de producción agrícola se ven afectados por cambios ambientales, disponibilidad de los recursos hídricos, contaminación ambiental debido a la aplicación de productos químicos para control de insectos plagas y enfermedades y por el uso de fertilizantes. El aumento de las temperaturas máximas y mínimas, modificación de la frecuencia de períodos de lluvias y sequía y presencia de condiciones extremas de clima intensifican el estrés en la planta alterando la productividad de esta. La Figura 6.1. muestra la relación entre los diferentes efectos que produce el cambio climático incrementando el riesgo y vulnerabilidad de la agricultura.

Figura 6.1. Efecto del cambio climático en el sistema productivo agrícola.



El cambio climático representa un peligro para Piura debido al ritmo creciente de las temperaturas, alteraciones en las frecuencias de lluvias y sequías, contaminación alarmante de la atmósfera y la ruptura del equilibrio biológico como consecuencia del calentamiento global. Los análisis de datos climatológicos históricos muestran evidencia que en los valles Medio y Bajo Piura existen incrementos en las temperaturas al igual que ocurre, hoy día, en el mundo.

Los análisis de datos históricos de temperaturas máximas y mínimas obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) correspondientes a la Estación Meteorológica Miraflores en Piura muestran que las temperaturas han aumentado 2 °C en los meses de diciembre a marzo, proyección que concuerda con los pronósticos científicos alrededor del mundo (SENAMHI. 2020)

El cambio climático en Piura tiene una influencia negativa en el volumen y calidad de los productos agrícolas poniendo en riesgo seguridad de la producción de alimentos debido a la falta de adaptación de las variedades actuales a los cambios

en la temperatura y carencia de agua; en consecuencia, la agricultura es vulnerable a los cambios ambientales los cuales modifican directamente el ciclo de desarrollo de los cultivos. Igualmente, el cambio climático altera la estabilidad de los procesos de producción y de comercialización (Valher Export SAC, 2017; Torres, L. 2010).

La Región Piura necesita crear programas de investigación para desarrollar nuevas variedades adaptadas a los cambios climáticos y enfocarse en la necesidad de construir la infraestructura adecuada para la investigación agrícola, formalizar cambios en las políticas regionales y proveer los recursos económicos para minimizar los impactos adversos que afectan el sistema agrícola. La adaptación a la variabilidad climática, incluyendo eventos extremos como los ocurridos en 2017 y 2023, es la base para reducir la vulnerabilidad de la agricultura regional al efecto del cambio climático a largo plazo.

Adaptación o tolerancia de los cultivos al estrés térmico, posibles cambios en las fechas de siembra, mejoramiento de la conservación y administración de los recursos hídricos, uso de sistemas eficientes de irrigación y prácticas de fertilización, diversificación de cultivos y mejoramiento del control de plagas y enfermedades permitirán reducir el efecto negativo del cambio climático en el sistema agrícola de Piura.

El enfoque de los investigadores en mejoramiento genético de plantas en la Región Piura se debe orientar a la identificación de soluciones que minimicen los efectos negativos de los cambios ambientales fundamentalmente altas temperaturas y períodos de sequía que es una alternativa de adaptación para minimizar el riesgo y vulnerabilidad de los cultivos. Los mejoradores de plantas pueden usar los avances científicos, tecnológicos y biotecnológicos para responder dentro del contexto de una agricultura moderna. Por lo tanto, el mejoramiento genético de plantas representa la alternativa eficaz para crear nuevas variedades que mantengan el rendimiento y calidad de los productos en las nuevas condiciones ambientales.

Los progresos en el mejoramiento de plantas avanzan rápidamente haciendo cada día más importante su contribución en el sostenimiento de la alimentación en el mundo aun cuando el riesgo de producir alimentos crece debido a los cambios ambientales (Chapman *et al.* 2012).

Los objetivos de los diferentes programas de mejoramiento genético en Piura, específicamente para cada cultivo, deben orientarse a la creación de variedades que respondan a los retos de los cambios de temperatura y períodos de sequía asegurando la producción de alimentos en la región, permitan la conservación del medio ambiente

y garanticen la sobrevivencia de los recursos biológicos. Por tal razón, la Región Piura debe iniciar estrategias de adaptación de los cultivos al cambio climático a través del mejoramiento genético de plantas.

6.1. Planteamiento del problema

6.1.1. Determinación del problema

En Piura no existe un programa de mejoramiento genético que tenga como objetivo crear nuevas variedades para responder en volumen de producción y calidad de producto cosechado a los cambios ambientales que están ocurriendo. La agricultura de la Región Piura depende de la importación de semillas. Las empresas privadas tienen, actualmente, sus propios programas de investigación para el cumplimiento de sus objetivos y negocios.

El cambio climático representa un peligro para Piura debido al ritmo creciente de las temperaturas, alteraciones en las frecuencias de lluvias y sequías, contaminación alarmante de la atmósfera y la ruptura del equilibrio biológico como consecuencia del calentamiento global. Los análisis de datos climatológicos históricos muestran evidencia que en los valles Medio y Bajo Piura existen incrementos en las temperaturas al igual que ocurre, hoy día, en el mundo.

Los análisis de datos históricos de temperaturas máximas y mínimas obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) correspondientes a la Estación Meteorológica Miraflores en Piura muestran que las temperaturas podrían incrementarse en más de 2 °C para el año 2050, proyección que concuerda con los pronósticos científicos alrededor del mundo (SENAMHI, n. d.)

Las Tablas 6.1 y 6.2 muestran los datos de temperaturas máximas y mínimas promedio por mes para los años correspondientes a la década 2010 a 2019 provenientes de la estación meteorológica de Miraflores en Piura.

La comparación de los promedios anuales de temperaturas aporta información limitada para analizar los cambios o tendencias ocurridos a través de los años, debido a que las diferencias existentes entre épocas, dentro del año, se confunden al promediar valores de temperaturas de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo que son los meses de más alta temperatura en Piura con los otros meses del mismo año. Igualmente, la comparación de promedios anuales versus el promedio de temperaturas de una década considerado como valor "básico" de comparación no proporciona información sobre cambios ocurridos debido al uso de promedios de promedios y no permite observar las tendencias de los cambios entre épocas a través de los años.

Las temperaturas máximas promedio mayores a 34 °C se presentan en el período enero-marzo; para los meses de abril a agosto las temperaturas máximas promedio decrecen oscilando entre 28 °C a 30 °C y para setiembre a diciembre los valores de la temperatura, nuevamente, se incrementan llegando a promedios mayores a 28 °C y menores o iguales a 33 °C.

Tabla 6.1. Estación meteorológica Miraflores: temperatura máxima promedio mensual en Piura. Década 2010–2019

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	33,3	33,7	34,2	32,6	30,4	28,6	27,6	27,6	27,7	28,0	28,7	30,6
2011	33,1	34,1	34,4	33,1	30,3	29,4	27,1	27,8	29,2	29,0	30,7	31,7
2012	33,6	33,8	34,4	33,4	31,7	30,2	28,3	28,1	29,0	28,7	29,8	31,1
2013	32,8	34,5	33,3	31,3	28,8	26,9	27,1	27,7	28,4	28,4	29,0	31,7
2014	33,4	34,5	34,9	33,4	31,8	30,9	28,9	29,1	29,8	30,5	30,2	31,2
2015	33,4	34,7	34,8	33,7	31,8	30,6	29,7	29,0	30,7	30,7	30,8	32,8
2016	34,4	35,2	35,0	33,9	31,8	30,4	29,7	29,5	30,4	30,4	31,6	32,9
2017	34,5	33,7	33,0	32,5	30,6	28,4	26,5	26,9	28,3	29,0	29,1	31,8
2018	34,3	35,1	35,3	34,3	30,7	27,5	27,2	28,6	29,5	29,6	30,9	33,0
2019	34,9	34,9	35,8	34,3	32,1	30,0	28,5	28,2	29,0	29,9	30,6	33,0

Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado

Tabla 6.2. Estación meteorológica Miraflores: temperatura mínima promedio mensual en Piura. Década 2010-2019

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	23,4	23,9	23,4	21,9	19,6	18,1	16,6	16,4	16,2	16,3	16,3	18,9
2011	20,6	22,2	21,0	21,3	20,3	19,8	18,1	17,6	17,2	16,7	18,6	20,5
2012	22,6	23,1	23,1	22,6	20,8	20,8	18,8	17,6	18,5	18,1	19,3	19,8
2013	22,5	23,0	22,7	19,7	19,3	17,4	16,2	16,6	16,8	17,1	17,3	20,2
2014	23,0	22,8	23,1	22,8	22,4	21,3	18,1	18,1	18,0	18,5	19,1	19,9
2015	22,1	24,2	24,5	23,5	22,6	21,3	19,9	19,3	19,8	20,4	20,7	22,5
2016	24,0	24,9	24,7	22,9	20,3	19,6	18,3	18,1	18,6	18,9	18,2	20,7
2017	23,5	24,3	24,4	22,8	21,5	19,6	18,8	17,7	17,5	17,6	17,7	20,3
2018	21,8	23,7	22,5	21,6	19,6	18,3	18,0	18,2	17,8	18,7	20,0	21,2
2019	23,9	24,4	23,7	22,2	21,2	19,0	17,1	16,5	17,2	17,6	19,5	21,4

Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado

Análisis de los datos históricos de temperaturas en Piura permiten establecer que las temperaturas máximas promedio en los meses enero a marzo, a través de la

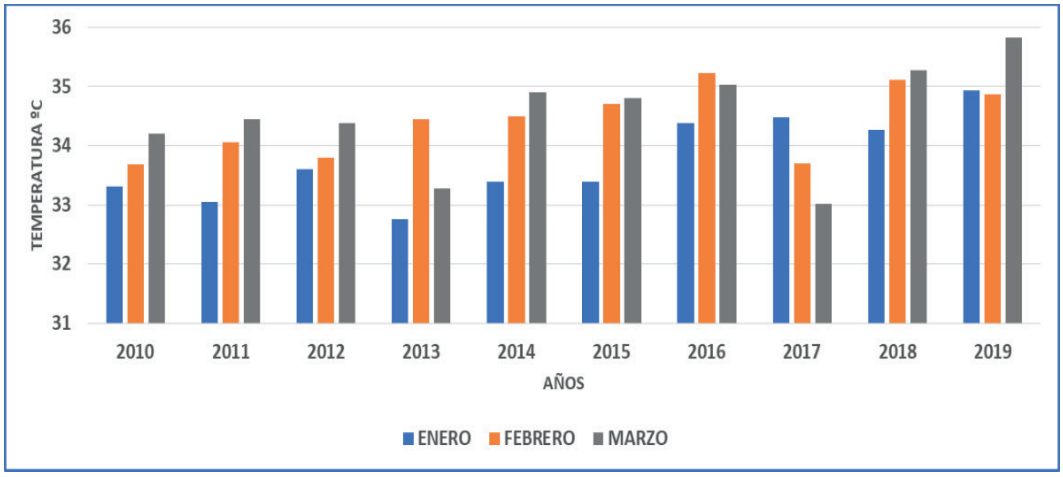
década 2010–2019, se han incrementado en aproximadamente 2 °C al comparar el año 2010 versus el año 2019. Los meses de febrero y marzo son los meses de más altas temperaturas con excepción del año 2017 debido a la presencia del fenómeno llamado Niño Costero. Igualmente se establece que las temperaturas máximas para los tres meses en estudio en el año 2010 son menores comparadas con las temperaturas de los mismos meses en el año 2019, lo cual demuestra el efecto del cambio climático para el valle medio de la Región Piura. Estos resultados se observan en la Figura 6.2.

Para el período de abril a agosto la temperatura máxima en el valle medio de la Región Piura decrece conforme avanzan los meses hacia agosto. Este fenómeno ocurre a través de la década. La comparación de las temperaturas máximas en los meses mencionados en el año 2010 versus los mismos meses en el año 2019 muestra que la temperatura máxima se ha incrementado aproximadamente en 1.5 °C como se demuestra en la Figura 6.3. Los meses de mayo a agosto son los meses donde la temperatura máxima oscila entre 27 °C a 30 °C siendo los meses de más baja temperatura máxima en Piura.

En los meses de septiembre a diciembre se observa nuevamente una curva creciente de las temperaturas máximas. La Figura 6.4 muestra el comportamiento de las temperaturas máximas a través de la década y se demuestra que existe un incremento de las temperaturas al comparar los valores en 2010 con los valores observados en 2019. Los resultados muestran el efecto del cambio climático a través de los años.

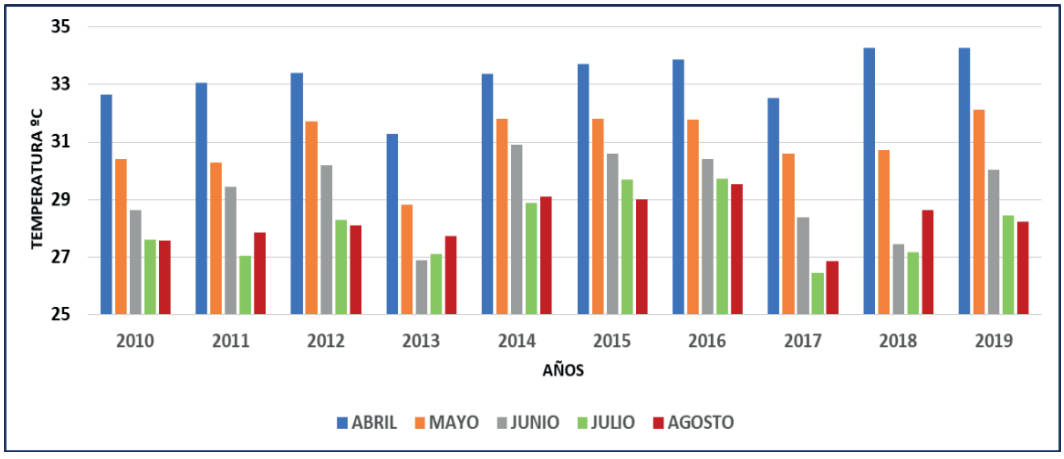
En cuanto a las temperaturas máximas, los análisis de datos comprueban los incrementos graduales a través del tiempo debido, fundamentalmente, a la contaminación ambiental que ocurre en Piura. En consecuencia, los cambios de temperaturas máximas tienen efectos en la producción agrícola causando alteraciones en los procesos fisiológicos de la planta como crecimiento, floración, maduración y cosecha modificando la producción en volumen, tamaño y calidad de producto.

Figura 6.2. Comparación de promedios mensuales de temperaturas máximas en el valle Medio Piura: enero-marzo.



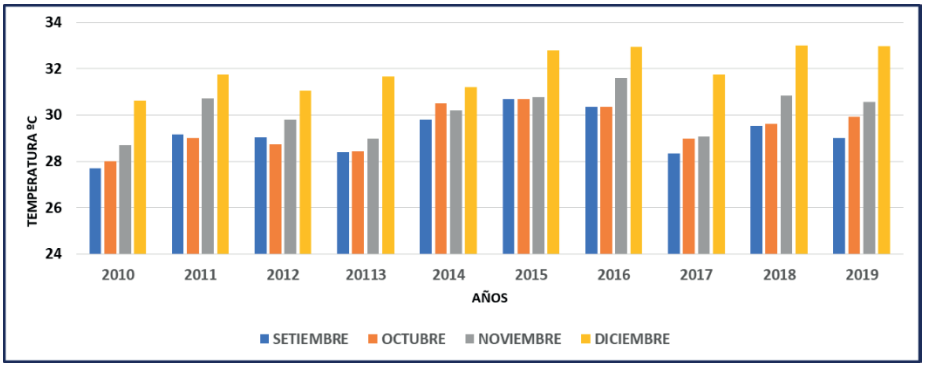
Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado

Figura 6.3. Comparación de promedios de temperaturas máximas en el valle Medio Piura: abril-agosto.



Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado

Figura 6.4. Comparación de promedios mensuales de temperaturas máximas en el valle Medio Piura: setiembre-diciembre.

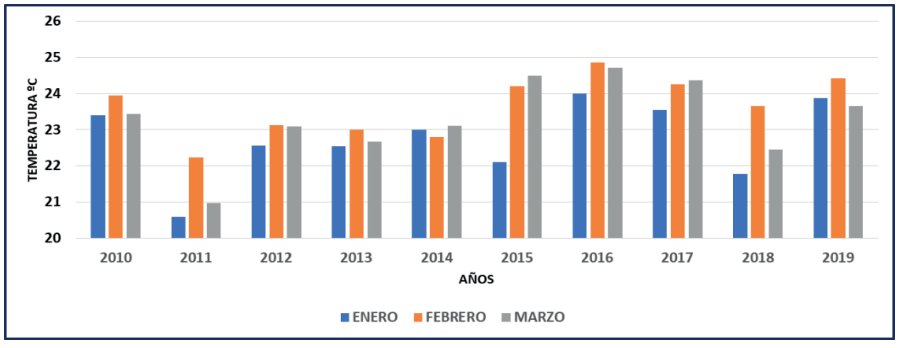


Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado.

La temperatura mínima ha aumentado a través de los años en forma similar a lo ocurrido con la temperatura máxima. Los datos de la Tabla 6.2 muestran incrementos promedios de 1 °C a través de los años de la década 2010 a 2019.

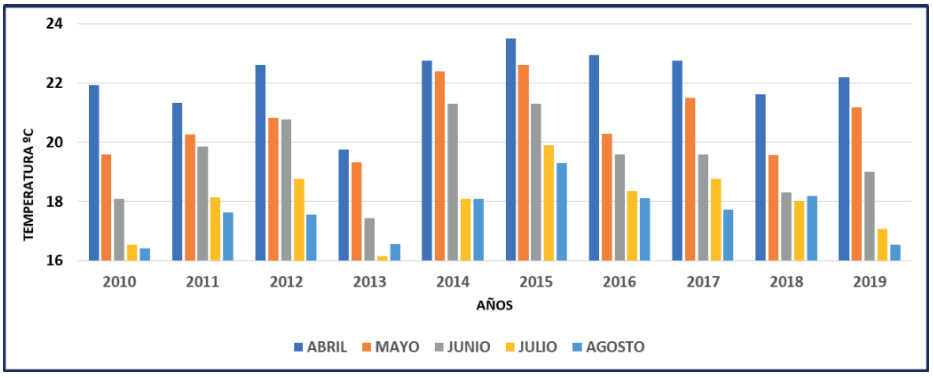
Al igual que las temperaturas máximas, las temperaturas mínimas en el valle medio Piura tienen un comportamiento similar y son los meses de enero a marzo donde se han producido los mayores incrementos a través de los años mostrando una tendencia creciente al comparar 2010 versus 2019, Figura 6.5. Resultados similares al comportamiento de las temperaturas máximas se observan para los meses de abril a agosto y para el período septiembre a diciembre, Figuras 6.6. y 6.7. Los análisis de los datos históricos para la temperatura mínima muestran un incremento promedio de 1 °C al compararse 2010 versus 2019.

Figura 6.5. Comparación de promedios mensuales de temperaturas mínimas en el valle Medio Piura: enero-marzo.



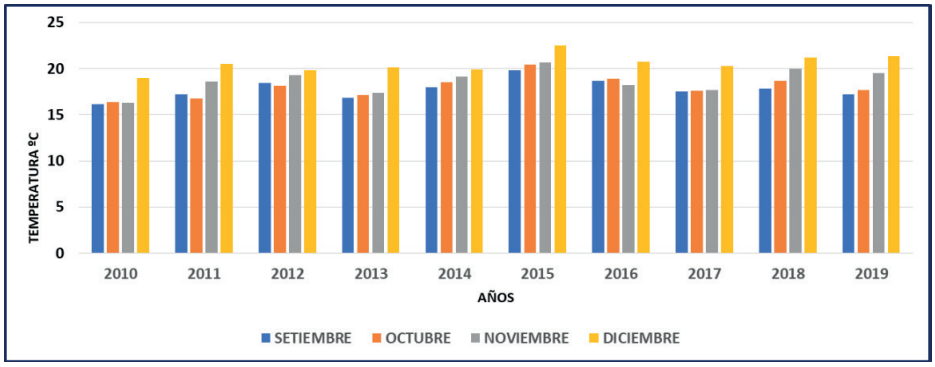
Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado.

Figura 6.6. Comparación de promedios mensuales de temperaturas mínimas en el valle Medio Piura: abril–agosto.



Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado.

Figura 6.7. Comparación de promedios mensuales de temperaturas mínimas en el valle Medio Piura: setiembre-diciembre.



Fuente: SENAMHI. Elaboración: Marvin Suarez, Marco Nevado.

En Piura no existen investigaciones científicas que comprueben los incrementos en la concentración de CO_2 en la atmósfera, se desconoce actualmente la magnitud de la contaminación ambiental. Esta situación se agrava debido a la falta de regulaciones, ausencia de información o desconocimiento de los efectos del cambio climático por parte de quienes tienen la responsabilidad de conducir el desarrollo de la Región Piura para prevenir el daño irreversible de la contaminación ambiental.

Piura está atravesando por una situación crítica que exige una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para reducir los efectos del cambio climático en la región. La ausencia de acciones para controlar la contaminación ambiental, escasez de agua para servicios humanos y agrícolas, los cambios en las condiciones climáticas, las reducciones en la producción de alimentos y la modificación de la calidad de productos agrícolas de exportación están afectando la economía de la región y poniendo en riesgo la producción de alimentos.

En Piura es necesario formular alternativas y acciones para aliviar el efecto del cambio climático en beneficio del sistema agrícola, la estabilidad del sistema socioeconómico y la salud de la población. Es mandatorio que las instituciones en Piura relacionadas con los aspectos económico, social, político, investigación, educación, producción, y proyección, al igual que las diferentes organizaciones de productores participen para analizar y proponer alternativas que mitiguen el efecto del cambio climático en la agricultura de Piura. El Gobierno Regional, las instituciones públicas, privadas y organizaciones de productores/exportadores deben liderar la demanda de acciones preparatorias para aliviar el efecto del cambio climático.

El cambio climático en Piura tiene una influencia negativa en el volumen, calidad y seguridad de la producción de alimentos debido a la falta de adaptación de las variedades actuales a los cambios en la temperatura y carencia de agua. En consecuencia, la agricultura es vulnerable a los cambios ambientales los cuales modifican directamente el ciclo de desarrollo de los cultivos debido a las perturbaciones o cambios en el ambiente agro-agroecológico y perjudican la estabilidad de los procesos de producción y de comercialización (Valher Export SAC, 2017; Torres, 2010).

Piura necesita crear programas de investigación y mejoramiento genético para adaptar las variedades actuales a los cambios climáticos, construir la infraestructura adecuada para la investigación agrícola, formalizar cambios en las políticas regionales y proveer los recursos económicos para minimizar los impactos adversos que afectan el sistema agrícola. La adaptación a la variabilidad climática, incluyendo eventos extremos como los ocurridos en 2017, es la base para reducir la vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático a largo plazo. Adaptación o tolerancia de los cultivos al *stress* térmico, posibles cambios en las fechas de siembra, mejoramiento de la conservación y administración de los recursos hídricos, uso de sistemas eficientes de irrigación y prácticas de fertilización, diversificación de cultivos y mejoramiento del control de plagas y enfermedades permitirán reducir el efecto negativo del cambio climático en el sistema agrícola de Piura.

Los investigadores en mejoramiento genético de plantas en Piura deben enfocar sus proyectos en la identificación de soluciones que minimicen los efectos negativos de los cambios ambientales, fundamentalmente, altas temperaturas y períodos de sequía.

Los mejoradores de plantas deben usar los avances científicos, tecnológicos y biotecnológicos para responder dentro del contexto de una agricultura moderna. Por lo tanto, el mejoramiento genético de plantas representa la alternativa eficaz para crear nuevas variedades que mantengan el rendimiento y calidad de los productos en las nuevas condiciones ambientales (Ziyomo & Bernardo, 2013).

Los progresos en el mejoramiento de plantas avanzan rápidamente haciendo cada día más importante su contribución en el sostenimiento de la alimentación en el mundo aun cuando el riesgo de producir alimentos crece debido a los cambios ambientales (Chapman *et al.*, 2012).

Los objetivos de los diferentes programas de mejoramiento genético en Piura, específicamente para cada cultivo, deben orientarse a la creación de variedades que respondan a los retos de los cambios de temperatura y períodos de sequía, aseguren la oferta alimentaria en la región, permitan la conservación del medio ambiente y garanticen la sobrevivencia de la biodiversidad. Por lo tanto, el mejoramiento genético de plantas es una alternativa para iniciar estrategias de adaptación de los cultivos al cambio climático en Piura.

6.2. Formulación del problema

El cambio climático está alterando las condiciones ambientales para el crecimiento de los cultivos y haciendo más difícil predecir la producción de estos. Como resultado, las áreas de producción están cambiando, dejando a los productores frente a un futuro incierto. *¿Cómo se puede asegurar la producción de alimentos en el futuro?*

La agricultura de Piura tiene cultivos cuyos productos son para consumo interno y otros para la exportación. El germoplasma usado corresponde a variedades tradicionales o variedades importadas creadas y mejoradas para responder a condiciones ambientales diferentes a las de Piura. No existe un programa de mejoramiento genético para crear variedades que respondan a las condiciones ecológicas actuales de Piura ni mucho menos para responder a las altas temperaturas y sequía. Las empresas privadas tienen sus correspondientes programas de mejoramiento para responder a sus objetivos.

La importación de semillas no representa una solución viable para la agricultura de Piura debido a que estas semillas se han desarrollado para una agricultura con condiciones ambientales diferentes y bajo una agricultura tecnificada diferente al sistema de producción en Piura.

El incremento de la temperatura, en Piura, afecta la morfología, fisiología, y otros factores del sistema productivo de las variedades; al mismo tiempo, existen otros efectos indirectos debido al deterioro de los suelos agrícolas, la ocurrencia de cambios en niveles de fertilización, la aparición y/o intensificación del comportamiento de plagas y enfermedades y los cambios en las frecuencias e intensidades de lluvias y períodos de sequía. Situaciones extremas de sequía y altas temperaturas influyen en las fases de desarrollo y producción de las plantas (Valher Export SAC, 2017.)

El período de floración y producción de polen se ven afectados negativamente por el estrés hídrico y altas temperaturas que podrían originar situaciones de esterilidad en el polen. La enzima denominada Rubisco (ribulose-1.5-biphosphate carboxylase/oxigenase) es la enzima que incorpora CO_2 en la planta durante la fotosíntesis, esta actividad puede detenerse si la temperatura es superior a los 35 ºC, situación que ocurre en Piura en los meses de enero a abril y de setiembre a diciembre.

El uso eficiente del agua y la tolerancia a períodos de sequía representan retos a los mejoradores de plantas en Piura, limitan la producción de los cultivos debido a los períodos erráticos de lluvia y al uso indiscriminado e ineficiente del agua. Igualmente, debido a los cambios en las condiciones climáticas y en base a datos históricos se estiman incrementos en las frecuencias de períodos de sequía o inundaciones aumentando el riesgo en la producción de alimentos en la Región Piura (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Las variedades actuales tendrán un comportamiento diferente debido, justamente, a los cambios que se originan en el ambiente por efecto del calentamiento global. La respuesta a esta posibilidad se encuentra en el mejoramiento genético como alternativa para crear nuevas variedades que presenten adaptación al efecto del calentamiento global en los procesos de floración y viabilidad de polen, tiempo de maduración más corto, cambios en el número de meses de siembra y amplitud en la capacidad de producción durante el año.

6.3. Objetivos del mejoramiento genético

El mejoramiento genético de plantas en Piura debe orientarse a la creación de variedades que respondan en volumen de producción y calidad de producto cosechado

al estrés de altas temperaturas y cambios en el volumen y frecuencia de lluvias que, obviamente, incrementa la necesidad de utilizar las metodologías disponibles que el mejoramiento genético y biotecnología ponen a disposición de los investigadores para acelerar y garantizar el proceso de creación de nuevas variedades. Por lo tanto, el mejoramiento genético de plantas en Piura debe enfocarse en los siguientes objetivos:

- Crear variedades adaptadas al incremento de las temperaturas y períodos de sequía en diversas etapas del proceso de producción como siembra, floración, viabilidad de polen, polinización, formación de semilla, producción, calidad y volumen de producto cosechado.
- Estudiar e investigar situaciones de sequía y altas temperaturas para predecir el efecto individual de cada estrés y la interacción de ellos en la producción agrícola.
- Mejorar la calidad de la producción de semillas afectada por cambios en la interacción cultivar/suelo/agua/maleza.
- Evitar la pérdida de la biodiversidad.
- Seleccionar variedades tolerantes a la salinidad del suelo y mostrar estabilidad relacionada a la interacción genotipo-ambiente.
- Seleccionar el germoplasma por adaptación al cambio climático manteniendo la resistencia genética a daño de insectos y enfermedades que cambian de comportamiento por el incremento de temperaturas y variaciones en la humedad.
- Adoptar programas de evaluación de variedades en localidades y ambientes por estabilidad de producción bajo condiciones extremas de clima y factores de producción.

Con el crecimiento acelerado de la población existe un incremento en la demanda de alimentos creando una preocupación sobre la estabilidad social y económica de la Región Piura. El cambio climático afecta la producción de los cultivos en forma directa debido a las alteraciones de los procesos fisiológicos por cambios en las variables climáticas, indirectamente por modificaciones en la disponibilidad de agua para riego, deterioro de los suelos, plagas y enfermedades y aspectos socio económicos por cambios en la calidad de los productos y modificaciones en los procesos de mercadeo de estos.

6.4. Importancia del mejoramiento genético

La agricultura y el cambio climático están correlacionadas en varios aspectos siendo el cambio climático la causa principal de los estreses bióticos y abióticos que

tienen efectos negativos en la producción agrícola de la Región Piura. El uso de la tierra y la agricultura están siendo afectados por las variaciones en los períodos de lluvias, promedios de temperaturas, olas de calor, intensificación de malas hierbas, comportamiento de plagas y enfermedades y aumento de niveles de ozono y CO_2 en la atmósfera. Por lo tanto, la agricultura es la actividad afectada adversamente por los cambios climáticos (Ceccarelli *et al.,* 2010; Cairns *et al.*, 2013).

La seguridad alimentaria y el mantenimiento o recuperación de los ecosistemas es una preocupación a nivel mundial. La agricultura tecnificada representa un camino viable para responder a los efectos negativos del cambio climático. Las técnicas de mejoramiento genético de plantas, las estrategias biotecnológicas y los avances en ingeniería genética son la ayuda necesaria para responder a las condiciones ambientales extremas (Raza *et al.*, 2019).

Los progresos científicos y tecnológicos recientes en áreas como procesamiento de datos, entendimiento de los procesos biológicos y aplicación de metodologías biotecnológicas permiten avances en el desarrollo y conocimientos de la ciencia de las plantas donde el mejoramiento genético tiene el potencial para desarrollar nuevas variedades y responder a los retos de una nueva agricultura creada por los efectos del cambio climático.

Existen actualmente una serie de estrategias disponibles en el mejoramiento de plantas para asegurar y mantener la capacidad de producción de los cultivares y responder a los efectos del cambio climático incluyendo tolerancia a altas temperaturas, adaptación a las modificaciones en la frecuencia de períodos de lluvias y sequía, respuesta al deterioro de la fertilidad del suelo y tolerancia a las modificaciones del comportamiento de plagas y enfermedades. Estas herramientas son esenciales para entender las variaciones en la herencia de las características de las plantas y facilitar el desarrollo de la ingeniería genética para acelerar y maximizar los esfuerzos de los mejoradores de plantas (McKersie, 2015).

Piura carece de programas de mejoramiento genético de plantas, con excepción de los programas desarrollados por la empresa privada, que tengan como objetivo crear variedades tolerantes a las alteraciones originadas por el cambio climático. La Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura (UNP) debe enfocar sus programas de mejoramiento genético a la creación de nuevas variedades adaptadas a los efectos del cambio climático. El mantenimiento de un proceso de producción bajo estas condiciones son retos para el futuro de Piura. La Facultad de Agronomía de la UNP debe reconocer los retos y responsabilidades de los cambios en la agricultura de Piura frente al cambio climático y el cumplimiento de estas obligaciones debe darse

con la colaboración de los productores agrícolas y todos los profesionales que de una u otra forma puedan contribuir a mitigar los daños irreparables que están ocurriendo y se agravarán en un futuro cercano.

Las estadísticas sobre el cambio climático están alarmando al mundo señalando limitaciones en el desarrollo agrícola, disminución de los niveles de producción y deterioro de las reservas alimenticias. El cambio climático tiene devastadores efectos en el desarrollo de las plantas y su rendimiento.

Para entender la respuesta de las plantas bajo diferentes condiciones abióticas, es imprescindible explorar las bases genéticas para conocer los mecanismos de respuesta. Procesos moleculares y fisiológicos presentes en las plantas deben analizarse para buscar la adaptación de éstas a las condiciones de los procesos abióticos. Los programas de mejoramiento genético de plantas, incluyendo metodologías biotecnológicas, es un camino para identificar características en las plantas que permitan mejorar su adaptación a estrés biótico o abiótico (Raza *et al.*, 2019).

6.5. Limitaciones para el mejoramiento genético en Piura

En Piura, no existe un banco de germoplasma que permita preservar la biodiversidad existente.

El germoplasma es un tejido vivo a partir del cual se pueden desarrollar nuevas plantas. Esta definición incluye semillas o cualquier parte de la planta como hojas, porción de tallos, polen o células que pueden dar lugar al desarrollo de una nueva planta. El germoplasma contiene información genética que representa una invalorable fuente de recurso natural llamado también diversidad genética.

Agricultura se beneficia de la uniformidad entre plantas de un cultivo dentro de la variedad que asegura rendimiento y permite un manejo eficiente. Sin embargo, la uniformidad genética conlleva a cierta vulnerabilidad de los cultivos, a nuevas plagas y enfermedades al igual que al estrés ambiental. La diversidad genética del germoplasma permite a los mejoradores de plantas la alternativa de desarrollar nuevas variedades con más altos rendimientos, mejor calidad y mayor adaptación a los factores abióticos. Esta es la razón porque la comunidad científica en mejoramiento de plantas ha desarrollado programas de conservación, colección, preservación, evaluación, categorización y distribución del germoplasma.

Actualmente, Piura no cuenta con bancos de germoplasma que permitan a los mejoradores de plantas usar los diferentes materiales genéticos para la creación de

nuevas variedades adaptadas a las condiciones de alta temperaturas y de estrés originado por la sequía. Esta situación obligará a los mejoradores de plantas, en Piura, a buscar recursos genéticos en bancos de germoplasma en el país, en el extranjero o buscar la colaboración internacional con instituciones que en el país o en el extranjero trabajan en la creación de nuevas variedades tolerantes a los efectos del cambio climático.

Igualmente, Piura carece de infraestructura en bioinformática para desarrollar las bases de datos y analizar datos biológicos que faciliten a los mejoradores de plantas obtener información biológica del germoplasma y comparar datos genéticos y bioquímicos de las diferentes accesiones.

La ausencia de laboratorios especializados en la propagación de plantas a través de cultivo de tejidos o laboratorios para la identificación de la estructura y secuencia genética y manipulación del ADN es una de las deficiencias y obstáculos para la aplicación de técnicas biotecnológicas en el mejoramiento de plantas en Piura. Con el apoyo de estos laboratorios el mejorador de plantas tiene la posibilidad de propagar plantas, identificar una o múltiples posiciones en el genoma o secuencias de genes en el mismo. Igualmente, los mejoradores tienen la oportunidad de probar e identificar progenies en las cuales existen los genes que determinan la presencia de la característica que es el objetivo de la investigación.

6.6. Aspectos técnicos

6.6.1. Antecedentes

El incremento irrestricto de las emisiones de gases de efecto invernadero está incrementando la temperatura en Piura. Debido a la falta de regulaciones que limiten la emisión de estos gases los daños ocurridos son irreversibles incluyendo alteración en los períodos de precipitaciones y sequía, el aumento de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos y modificaciones en las estaciones del clima.

El ritmo acelerado de cambio climático y el aumento de la población constituyen una amenaza para la seguridad alimentaria en la Región Piura. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos, favorece la proliferación de malas hierbas y modifica la aparición y/o comportamiento de plagas y enfermedades en los cultivos. Los cambios en los regímenes de lluvias y/o sequía aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos predominantemente en el bosque seco de Piura puedan

beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria de Piura y del país.

La producción agrícola en condiciones de sequía tiene un rendimiento bajo, elevados costos de producción y prácticas agronómicas inconvenientes. El riego, un medio para mitigar la sequía, tiene sus propios costos ambientales y económicos, y puede no ser una opción adecuada para todas las circunstancias. Una de las formas eficaces de incrementar la producción agrícola o, por lo menos, mantenerla estable frente a los nuevos desafíos planteados por el cambio climático es utilizar variedades mejoradas obtenidas por mejoramiento genético de plantas. Diversas investigaciones en Piura demuestran la necesidad de buscar la adaptación de las variedades actuales a los efectos del cambio climático.

Actualmente, en Piura existen antecedentes como resultados de investigaciones que demuestran la necesidad urgente de desarrollar alternativas de prevención ante la eventualidad de desastres que puedan ocurrir en la agricultura debido a la ausencia de variedades adaptadas a las condiciones climáticas actuales.

El cultivo del algodón es el cultivo históricamente representativo de la agricultura en Piura por su adaptación, producción y reconocimiento internacional por la calidad de su fibra. Piura es tradicionalmente una región algodonera donde el mejoramiento genético ha permitido mantener la calidad de fibra a través del tiempo, modificar el tipo de planta y desarrollo morfológico y buscar mecanismos de defensa para tolerar la presencia de plagas y enfermedades. Debido a los cambios ambientales como consecuencia del calentamiento global, el mejoramiento del algodonero debe orientarse a conseguir adaptación de nuevas variedades a los diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos fundamentalmente altas temperaturas y presencia de sequía (Reyes, 2017).

Observaciones de campo del efecto de altas temperaturas y condiciones de sequía en el rendimiento y calidad de los productos cosechados de uva demuestran el efecto negativo del cambio climático en la calidad del producto. Como resultado de dichas observaciones se conoce que, temperaturas mayores a 30 ºC o menores a 17 ºC y situaciones de sequía, alteran el ciclo fenológico de la planta y modifican la calidad del producto cosechado. Actualmente las temperaturas máximas en Piura superan los 30 °C creando condiciones desfavorables para el desarrollo de la uva (Valher Export SAC, 2017).

El cambio climático tiene efectos en la fenología de las plantas cultivadas en Piura como mango, limón, banano, vid, arroz, algodón, maíz, ají, etc. Sin embargo, existen efectos indirectos como lo ocurrido en el comportamiento de plagas de insectos

y en enfermedades que atacan a los cultivares. Observaciones de campo indican que se han detectado cambios sustanciales en el comportamiento de plagas que atacan a las plantas cultivadas. Igualmente, se ha observado que las poblaciones de insectos polinizadores se han visto disminuidas debido a efecto del fenómeno del niño al no encontrar disponibilidad de flores tanto en la flora silvestre como en las plantas cultivadas. Investigaciones en el área de entomología en Piura permiten a los entomólogos sugerir la necesidad urgente de estudiar e investigar el efecto del cambio climático para poder definir estrategias de manejo integrado de plagas (Viñas L., Efecto del cambio climático en la biología de las plagas en el período 2000 al presente y las proyecciones al 2020, 2017; Rázuri, 2017).

El incremento de la demanda de agua para el uso agrícola hace que este recurso sea cada día más escaso. El incremento de áreas agrícolas para cultivos tradicionales y no tradicionales requiere de mayor oferta de agua para reducir las pérdidas que ocurren actualmente. La oferta de agua es cada vez más escasa en la Región Piura debido a la disminución en la capacidad de almacenamiento en los reservorios Poechos y San Lorenzo y al deterioro de la infraestructura hidráulica. La falta de mantenimiento del sistema de riego reduce la eficiencia de este e incrementa las pérdidas en sus diferentes fases de conducción, distribución y aplicación. Igualmente, el costo de la tarifa por el uso del agua para riego no responde a un análisis económico real debido a normativas que obstaculizan las decisiones y propician el despilfarro del recurso. Resulta imperativo, debido al riesgo creciente que está ocurriendo en el uso del agua para riego agrícola, actualizar y ejecutar el mantenimiento de los sistemas de almacenamiento en los reservorios, desarrollar, difundir e implementar estudios de eficiencia de riego optando por sistemas que maximicen el uso del agua y demandar el cumplimiento de la normatividad y regulaciones sobre el uso de los recursos hídricos (Paiva, Relación entre consumo de agua de riego y requerimientos hídricos de los cultivos predominantes en Piura, 2017).

Los resultados del análisis de datos históricos en Piura muestran que las variables climáticas como altas temperaturas y condiciones de sequía, afectan el rendimiento de los cultivos en aproximadamente 50 % como lo revelan los resultados de ciertos modelos. Igualmente, los análisis confirman que los cultivos de exportación tienen umbrales diferentes para temperaturas mínimas y máximas respectivamente y que las condiciones extremas causan el deterioro del rendimiento y la calidad de los productos (Torres, 2010).

La posibilidad de realizar pronósticos con respecto al efecto del cambio climático sobre los cultivos analizados se ve limitada por la escasa cantidad y calidad de los datos

con respecto a las variables que medirían el cambio climático y su efecto en el desarrollo y producción de los cultivos. Las investigaciones deben orientarse a programas en favor del medio ambiente, acciones integrales de reforestación, uso adecuado del agua y prácticas agrícolas que eviten la contaminación ambiental. Igualmente, realizar estudios similares que involucren a otros cultivos y/o nuevas metodologías que permitan conocer sobre los efectos que ocasionará el cambio climático. Las investigaciones deben servir para identificar y proponer alternativas orientadas a contrarrestar el deterioro de la producción y calidad de los productos de exportación en beneficio de los agricultores y de la economía de la región (Torres, 2010).

La contaminación de la atmósfera por el incremento de los niveles de CO_2, la elevación de las temperaturas y las alteraciones de los ciclos de lluvia y sequía representan un reto para las oportunidades de desarrollar agricultura frente a la necesidad de asegurar la alimentación de una población creciente en un ambiente de competencia por el uso de la tierra y la disponibilidad del agua para riego. El mejoramiento genético de plantas ha contribuido al aumento tanto del rendimiento como de la calidad de los cultivos a través de los diferentes métodos de selección. Sin embargo, con los adelantos científicos y tecnológicos el mejoramiento genético de plantas es la vía para responder a la necesidad de desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones de estrés producido por el cambio climático (Chapman *et al.*, 2012).

6.6.2. Bases teóricas del programa de mejoramiento genético

El mejoramiento de plantas se ha usado y continúa usándose con éxito en el campo de la agricultura para mejorar el rendimiento de diversos cultivos. Actualmente con el cambio de las condiciones ambientales es imprescindible desarrollar variedades resistentes a los diferentes estreses.

El programa de mejoramiento genético para Piura debe orientarse en la obtención de variedades que respondan en rendimiento y calidad de producto frente al efecto negativo del cambio climático y las características de importancia económica que deben considerarse para su mejoramiento. Bajo las circunstancias de los cambios ambientales, en el mejoramiento genético se incluye resistencia a la sequía, adaptación a las altas temperaturas, problemas de salinidad en el suelo, inundaciones y resistencia a plagas y enfermedades. El desarrollo de las nuevas variedades puede lograrse usando los métodos tradicionales de mejoramiento, así como métodos de biología molecular y principios de ingeniería genética. Igualmente, los mejoradores de plantas tienen como recurso la diversidad biológica para analizarla, mejorarla, preservarla y utilizarla. Las

bases teóricas que sustentan el funcionamiento del programa de mejoramiento genético para Piura incluyen:

- Base de datos de variables climáticas.
- Base de datos de cultivares.
- Disponibilidad y acceso a germoplasma local, nacional e internacional.
- Base de datos de información agrícola: cultivos, producción, usos, mercadeo.
- Recursos agrícolas.
- Genética, mejoramiento genético, genética cuantitativa: mejoramiento clásico, mejoramiento y biotecnología (cultivo de tejidos, ingeniería genética), especialistas, recursos genéticos.
- Biotecnología: laboratorios, información, financiamiento y mantenimiento en el tiempo.
- Protección de plantas: plagas y enfermedades.
- Áreas experimentales: investigación, experimentación, pruebas.
- Centro de informática: estadística, procesamiento de datos, bases de datos, publicaciones.

6.7. Hipótesis y variables de estudio

6.7.1. Definición de Hipótesis

La agricultura en Piura es una de las actividades más vulnerables al cambio de las condiciones ambientales debido al calentamiento global que ha producido incremento en las temperaturas máximas y mínimas.

El incremento indiscriminado de la contaminación atmosférica por la emisión de gases denominados "gases de efecto invernadero" como monóxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), etc.

Mayormente la predominancia de una agricultura tradicional usando prácticas agrícolas obsoletas en deterioro del rendimiento y calidad de productos cosechados

Uso de variedades, en su mayoría importadas, desarrolladas en condiciones ambientales diferentes a Piura, con mayor potencial contaminante debido a la exigencia de fertilizantes químicos y uso indiscriminado de pesticidas contaminantes del ambiente y de los mismos productos cosechados

Disminución del volumen y calidad de la producción y cambios en la programación de actividades de cultivo debido a los incrementos de temperatura y alteraciones en la disponibilidad de agua para riego

Como respuesta a los problemas mencionados, el mejoramiento genético de plantas y metodologías biotecnológicas son una solución viable y consistente para desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones ambientales creadas por el cambio climático en Piura. Por lo expuesto se plantean las siguientes hipótesis:

1. El mejoramiento genético de plantas desarrolla nuevas variedades para adaptación a altas temperaturas y condiciones de sequía en respuesta al efecto del cambio climático.
2. El mejoramiento genético de plantas, juntamente con otras especialidades, desarrolla nuevas variedades que permitan superar los estreses abióticos creados por el cambio climático.
3. La utilización de nuevas tecnologías y prácticas agronómicas incluyendo agricultura orgánica reducen la emisión de "gases invernadero" y contribuyen a evitar la contaminación ambiental.

El objetivo general del mejoramiento genético en Piura es el desarrollo de nuevas variedades adaptadas a las cambiantes condiciones de alta temperatura y sequía imperantes en la región como consecuencia del cambio climático.

6.7.2. Fundamento para la definición de hipótesis

Existe la necesidad de desarrollar variedades adaptadas a las condiciones de estrés biótico y abiótico creadas por el cambio climático en Piura. Es necesario asegurar la alimentación de una población creciente exponencialmente. Por lo tanto, es imperativo establecer el programa de mejoramiento genético que permita confirmar las hipótesis por investigar.

El planteamiento de la hipótesis es el fundamento de la optimización del análisis de datos y búsqueda de información. El establecimiento de la hipótesis ayuda a los investigadores a buscar información en los datos, metodologías, procedimientos y resultados de otras investigaciones para tomar acción y alcanzar los objetivos propuestos. Las hipótesis dirigen la experimentación de acuerdo con las propuestas y cada una de ellas es una idea que debe ser probada, confirmada o rechazada para optimizar las soluciones buscadas.

Las hipótesis definidas para el programa de mejoramiento genético en Piura permiten optimizar las bases teóricas que sustentan el funcionamiento del mismo creando un mecanismo consistente de búsqueda de datos e información, define la necesidad de entender la interacción entre diferentes ciencias como botánica, biología, bioquímica, fisiología, genética, agronomía, estadística, etc., entendimiento de los pasos claves para identificar las diferentes etapas experimentales, descubrir y priorizar los beneficios de la investigación y/o experimentación, establecer un lenguaje científico de acuerdo con los objetivos y establecer la comunicación entre investigadores y usuarios.

La definición de la hipótesis señala la identificación del problema, la búsqueda de una solución y la evaluación o validación de los resultados. El problema queda identificado porque Piura no cuenta con variedades adaptadas a los incrementos de temperatura ni mucho menos que respondan a los períodos de sequía lo cual constituye un riesgo para el mantenimiento de la producción y calidad de los productos cosechados. Por lo tanto, la solución que permite el desarrollo de nuevas variedades es el mejoramiento genético con el uso de técnicas biotecnológicas. Los resultados corresponden a las nuevas variedades creadas para las condiciones de Piura que deben ser evaluadas y validadas bajo metodologías estadísticas y evaluaciones experimentales que determinen el éxito o fracaso del proceso de mejoramiento usado.

El programa de mejoramiento genético para Piura tiene como propósito la manipulación del germoplasma apropiado para crear los genotipos deseados que respondan a las altas temperaturas y condiciones de sequía. La manipulación de las plantas puede incluir polinización controlada, cultivo de tejidos, ingeniería genética o combinación de ellos seguido de un proceso de selección artificial de las progenies. Debido al número de cultivos sembrados en Piura los mejoradores de plantas en cada cultivo pueden identificar las características deseadas que cumplan con los objetivos definidos y que contribuyan a mejorar el rendimiento y calidad del producto cosechado.

6.8. Metodología

6.8.1. Metodología para el mejoramiento de plantas

El mejoramiento genético de plantas, en general, tiene como objetivo la producción de nuevas variedades para uso de los agricultores. Las nuevas variedades tendrán una mejor combinación de características que las convierte en variedades significativamente superiores a las tradicionales lo cual significa que las nuevas variedades tienen una nueva combinación de genes que el mejorador de plantas ha logrado reunir.

Las nuevas variedades pueden tener genes provenientes de otras variedades del mismo cultivo, o pueden incluir genes de otras plantas de la misma especie, o genes provenientes de organismos no relacionados insertados por el uso de técnicas biotecnológicas. Sin embargo, cualquier variedad nueva va a ser parte del sistema agrícola de producción imperante y solamente podrá expresar su potencial genético si el manejo agronómico es el adecuado.

El establecimiento del programa de mejoramiento genético para Piura puede contar con cinco (5) fases para desarrollar nuevos genotipos que mantengan o incrementen la producción por unidad de área, reducción de insumos y maximización de la calidad del producto.

6.8.1.1. Fase 1

En esta fase el mejorador identifica las necesidades de los agricultores con relación a las deficiencias de las variedades actuales frente a las modificaciones de temperatura y falta de agua para riego. Tal vez sea necesario incluir en la programación de mejoramiento la resistencia a enfermedades o plagas, incremento del tamaño de semilla, o simplemente incrementar el rendimiento para beneficio económico del productor.

El mejorador investiga sobre el germoplasma que tiene las características que respondan a los objetivos del programa, este puede encontrarse en colecciones de germoplasma nativo o de bancos de germoplasma sobre el cultivo o usar tecnología de manipulación de genes para transferencia a las variedades que se busca mejorar. Esta última estrategia depende de la infraestructura, facilidades, experiencia y/o colaboración institucional.

6.8.1.2. Fase 2

La segunda fase del programa de mejoramiento es la fase de la polinización controlada e identificación de los progenitores que transferirán los genes que determinan la expresión de las características requeridas por los objetivos del programa y del germoplasma receptor. En esta fase debe comenzar el uso de metodologías biotecnológicas de apoyo al mejoramiento genético. Los procedimientos específicos dependen de cada cultivar o especies involucradas y del conocimiento preexistente del control genético de las características.

6.8.1.3. Fase 3

En las primeras generaciones de segregación, el mejorador selecciona las progenies de acuerdo con los protocolos del programa eliminando los genotipos que no corresponden a lo esperado, progresivamente se va reduciendo el número de progenies. La tercera fase es una de las etapas de más tiempo en el programa de mejoramiento por la necesidad de seleccionar cuidadosamente los genotipos durante las generaciones de segregación y recombinación para encontrar los mejores genotipos en el menor tiempo posible. Esta etapa conlleva el riesgo de perder genotipos lo cual está relacionado a la experiencia, habilidad, conocimiento y profesionalismo del mejorador.

6.8.1.4. Fase 4

En la cuarta fase, el mejorador identifica y selecciona lo mejor de los genotipos comparado con las variedades existentes. Se multiplica la semilla de los genotipos seleccionados para las pruebas experimentales y en condiciones de campo de los agricultores. Esta fase necesita recursos de mejoramiento genético puesto que es la fase crítica para la selección del material promisor. Las pruebas experimentales y pruebas de campo preliminares serán los recursos de datos para la selección final de los genotipos con mejores características comparados con las variedades existentes.

6.8.1.5. Fase 5

La fase cinco es la fase de las evaluaciones de los genotipos seleccionados como nuevas variedades potenciales y comprende evaluaciones de campo de agricultores y diversas localidades para determinar la capacidad de estabilidad de rendimiento. Las pruebas de campo tienen como requisitos una minuciosa planificación para responder a los objetivos del programa de mejoramiento, diseño de la prueba para permitir consistencia en el manejo agronómico de la misma, los protocolos para la evaluación de la prueba incluyendo comparaciones cuantitativas versus cualitativas y colección de datos, y finalmente los informes para identificar los genotipos con mejor respuesta.

6.8.2. Uso de técnicas biotecnológicas en el mejoramiento genético

Las instituciones públicas en Piura como la Universidad Nacional de Piura con su Facultad de Agronomía y Escuela de Biología, así como el Ministerio de Agricultura no tienen la infraestructura tecnológica necesaria para desarrollar programas de mejoramiento genético incluyendo el uso de estas técnicas.

Es urgente la necesidad de actualizar estas instituciones que tienen como objetivos la enseñanza, investigación y proyección de conocimiento con respecto a los adelantos técnicos y científicos para responder a los retos que tiene la agricultura como la demanda de producir más alimentos y la ausencia de variedades adaptadas al efecto negativo del cambio climático. Igualmente, la agricultura en Piura se ve afectada por la disminución de la fuerza laboral, la pérdida y abandono de áreas para desarrollo agrícola y finalmente la pérdida de la biodiversidad.

Las instituciones responsables de enseñanza e investigación en Piura deben actualizarse para responder a la necesidad urgente de crear nuevas variedades adaptadas a los efectos negativos de altas temperaturas y sequía.

La sofisticación de los métodos y los aportes del mejoramiento genético de plantas han marcado notables progresos en los últimos 30 años con la implementación de los avances y posibilidades de la biotecnología. La biotecnología investiga dentro de los procesos biológicos naturales en las plantas y organismos vivos para implementar metodologías científicamente probadas que permitan desarrollar nuevos productos a partir de los existentes. La aplicación de estas metodologías científicas en el campo de la agricultura se conoce como *Agricultura Biotecnológica* y es la base científica de la propuesta del programa de mejoramiento genético para Piura.

La agricultura biotecnológica permite la transferencia de una mayor variedad de información genética de manera más precisa, controlada y en menor tiempo. Por lo tanto, la definición, planificación, programación, ejecución y documentación de las estrategias, planes de investigación y experimentación que determinan la práctica del mejoramiento genético no son solamente relevantes sino también necesarias para desarrollar con éxito el programa de mejoramiento genético en Piura.

La base científica y técnica de apoyo biotecnológico al programa de mejoramiento genético comprende, fundamentalmente, técnicas de cultivo de tejidos y técnicas moleculares. Ambas técnicas biotecnológicas representan la alternativa viable para crear nuevas variedades adaptadas a las condiciones climáticas de Piura.

6.8.2.1. Cultivo de tejidos

Cada una de las células de una planta es capaz de generar una planta idéntica a la planta madre. El principio básico del cultivo de tejidos es la aplicación de totipotencia de las células. El cultivo de tejidos en plantas es el proceso en el cual una pequeña parte de la planta, llamada "explanta", se obtiene de una planta materna y crece en un medio nutritivo bajo condiciones asépticas y condiciones ambientales controladas.

El cultivo de tejidos se clasifica en diferentes tipos de acuerdo con la parte de la planta que se usa para el cultivo: ápices de meristemo, hojas, entrenudos, cotiledones, raíces, tejidos, células, gametos, semillas, embriones, etc., y el resultado del cultivo derivado de una planta se denomina clon. Actualmente existen técnicas específicas y aplicables a cada cultivo para lograr máxima eficiencia.

El cultivo de tejidos tiene múltiples aplicaciones en el mejoramiento genético como propagación de plantas libres de patógenos, generación de plantas resistentes a enfermedades, mantenimiento de híbridos por incompatibilidad sexual, micropropagación, generación de haploides, regeneración eficiente de plantas producidas vía ingeniería genética y/o cruzas amplias, generar variabilidad genética y conservación de germoplasma.

Actualmente, Piura no cuenta con laboratorios de cultivo de tejidos ni programas de investigación en esta área para generar información que permita identificar las variaciones genéticas dentro y entre las poblaciones de plantas, estructura genética y la utilización eficiente de los recursos genéticos.

6.8.2.2. Técnicas moleculares

La tecnología de la recombinación del ácido desoxirribonucleico (ADN) es un avance del conocimiento científico que ayuda a los mejoradores de plantas en la labor de incrementar la producción de alimentos en la lucha contra el hambre.

Piura necesita orientar recursos económicos, científicos y técnicos para la creación de un programa de mejoramiento que incluya los avances recientes en la selección genómica, recombinación del ADN, marcadores moleculares e ingeniería genética para desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones ambientales creadas por el cambio climático y garanticen la producción de alimentos para una población creciente con recursos económicos limitados.

Con el objetivo de reducir el tiempo necesario para producir nuevas variedades, los marcadores moleculares de ADN tienen enorme potencial para mejorar la eficiencia y precisión de los métodos tradicionales de mejoramiento genético de plantas con el uso de *marker-assisted selection* (MAS). El mapeo de gran cantidad de *quantitative trait loci* (QTL) en diversas especies ha permitido la identificación de marcadores de ADN asociados a diversas características.

El uso de métodos convencionales de selección de plantas demanda seleccionar muchas plantas fenotípicamente que en su mayoría no tienen las características

buscadas. Sin embargo, con la ayuda de MAS las plantas son seleccionadas en base al genotipo y las probabilidades de éxito se incrementan notablemente. Para la mayoría de las características buscadas, plantas homocigotas o heterocigotas no se pueden distinguir por métodos convencionales de selección. Las ventajas pueden ser aprovechadas por los mejoradores para acelerar el proceso de mejoramiento (Bertrand & Mackill, 2008; Nadeema *et al.*, 2018).

La creación de laboratorios e infraestructura para el uso de marcadores moleculares tendrá un efecto multiplicador en Piura, no solamente para apoyar los programas de mejoramiento genético, sino también para fortalecer estudios de diversidad genética, estudios filogenéticos y/o evolutivos, creación de bancos de germoplasma, control de pureza genética de semillas híbridas y/o líneas puras, protección de cultivares y mantenimiento de la biodiversidad. Igualmente, la enseñanza universitaria tendrá un beneficio sin precedentes y la Facultad de Agronomía juntamente con la Escuela de Biología de la UNP podrán preparar profesionales actualizados en las técnicas modernas que la biotecnología y el desarrollo científico y tecnológico ofrecen.

En Piura, la pérdida continua de la tierra agrícola para convertirla en zonas residenciales y la prevalencia de condiciones desfavorables como sequía, salinidad de los suelos, inundaciones, enfermedades y plagas son una muestra del riesgo que enfrenta la producción agrícola.

Los programas de mejoramiento genético tradicional no existen en Piura y por lo tanto no se puede mantener la producción de alimentos, en volumen y calidad, en las condiciones climáticas cambiantes como consecuencia de las modificaciones del clima. Es tiempo de establecer una agricultura sostenible para fortalecer la producción agrícola en Piura con la ayuda de la agricultura biotecnológica e incluyendo ingeniería genética.

Ingeniería genética (GE) en agricultura es una tecnología de la biotecnología moderna por medio de la cual se transfiere ADN de un organismo a otro para lograr el incremento del rendimiento de producto cosechado, tolerancia a estrés como altas temperaturas y sequía, mejora de postcosecha, reducir la necesidad de pesticidas, incrementar la resistencia a plagas y enfermedades, mejorar la composición nutritiva y calidad de los productos agrícolas y asegurar la producción de alimentos a través de los cultivos genéticamente modificados (GM).

La inclusión de la ingeniería genética en el programa de mejoramiento genético para crear nuevas variedades adaptadas a los cambios del clima en Piura, obedece a la necesidad urgente de garantizar la producción de alimentos para una población

creciente, reducción significativa del tiempo necesario para la creación de las nuevas variedades, desarrollar una agricultura con el menor efecto contaminante del medio ambiente, reducción de insumos agrícolas, tolerancia a las altas temperaturas y/o sequías y potencialmente mayores beneficios económicos al productor.

Ingeniería genética es la manipulación directa del material genético (genoma) por medios artificiales para modificar la herencia de las características de una célula u organismo. El proceso puede incluir la transferencia de características específicas o genes de un organismo a otro. El mejoramiento tradicional trabaja entre organismos de la misma especie o especies estrechamente relacionadas, igualmente mantiene la estructura del ADN y la secuencia de genes intacta; esto puede retener algunas características no deseables que se reproducirá a lo largo de las deseadas. Sin embargo, en ingeniería genética es posible aislar un gen proveniente del genoma e insertarlo en otro organismo.

El futuro de la ingeniería genética parece estar en la tecnología llamada "CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat*)" que permite a los investigadores aislar, cortar y pegar secciones específicas de ADN. Esta particularidad permite al proceso precisión y eficiencia lo que facilita a los investigadores experimentar con esta tecnología (Guo-Liang, 2013).

En Piura, los mejoradores de cada cultivo y los agrónomos pueden diseñar el programa de mejoramiento genético incluyendo la selección y preparación del material genético, las fases de investigación y experimentación, las evaluaciones preliminares y definitivas en condiciones de campo y finalmente la documentación requerida para la liberación y siembra a escala comercial de las nuevas variedades.

Piura necesita crear laboratorios para la implementación de los programas de ingeniería genética que apoyen la agricultura biotecnológica y actualizar los programas de enseñanza universitaria para formar profesionales capacitados con los adelantos científicos y tecnológicos que la realidad agrícola actual reclama con urgencia y puedan responder a los retos que plantean los cambios ambientales.

CONCLUSIONES

El diagnóstico sobre el estado y situación actual de la aplicación del mejoramiento genético de plantas a la agricultura de Piura establece las siguientes conclusiones:

- La Región Piura no cuenta con la infraestructura adecuada que permita la implementación de un programa de mejoramiento genético de plantas como única herramienta científica y tecnológica para crear nuevas variedades que respondan en volumen y calidad de producto cosechado a los efectos de alta temperatura y sequía generados por el cambio climático.
- Las entidades responsables de la investigación agrícola en Piura como el Ministerio de Agricultura y la Universidad Nacional de Piura con su Facultad de Agronomía no cuentan con programas de mejoramiento genético de los cultivos más importantes.
- Actualmente no existe en Piura información sobre el uso de técnicas de modificación genética de plantas que se han desarrollado en los últimos veinte años de acuerdo con los progresos de las investigaciones en genética, bioestadística y biotecnología que han permitido ampliar la aplicación del mejoramiento genético y reducir el tiempo para liberar nuevas variedades.
- El diagnóstico sobre la situación del mejoramiento genético de plantas en Piura pone en evidencia la necesidad urgente de implementar programas de mejoramiento genético para reunir las características que permitan a las variedades responder al efecto de las modificaciones ambientales como consecuencia del cambio climático, incrementar el rendimiento de campo, mejorar la eficiencia de respuesta a las prácticas agrícolas, satisfacer la necesidad de alimentos para la población en especial los grupos más vulnerables y mejorar la calidad de los productos para lograr amplitud de mercado en el mundo agrícola.

RECOMENDACIONES

El diagnóstico sobre la situación del mejoramiento genético de plantas en la Región Piura recomienda crear programas de mejoramiento que puedan desarrollar variedades adaptadas a las condiciones ambientales originadas por el cambio climático para garantizar estabilidad de rendimiento y calidad de productos cosechados.

El diagnóstico recomienda usar los avances logrados por la genética de plantas y la biología que se han desarrollado a través del tiempo. Nuevas metodologías, incremento en la eficiencia tecnológica, y diversas estrategias están disponibles para los mejoradores de plantas. Hoy en día, los mejoradores de plantas usan una serie de técnicas y metodologías como información genómica, secuencia de datos, computación e imágenes digitales para evaluar las diferentes características y la respuesta de las plantas.

El mejoramiento de plantas es una actividad científica y dinámica estrechamente relacionada a una serie de disciplinas que incluye en forma limitada: genética, biología molecular, biodiversidad o recursos genéticos, estadística, fisiología vegetal, agronomía, entomología, fitopatología, ciencia del suelo, ecología y economía agrícola, entre otras. Por lo expuesto, para establecer programas de mejoramiento que respondan a las condiciones ambientales creadas por el cambio climático en Piura se recomiendan las siguientes acciones:

- Crear la infraestructura adecuada para establecer los programas de mejoramiento y el uso de metodologías que permitan la combinación de características en nuevas variedades adaptadas a los estreses ocasionados por el cambio climático.
- Selección y desarrollo de material genético del cultivo en estudio o material original relacionado genéticamente.
- Campo experimental, laboratorios y equipo requerido para cumplir con los objetivos del programa de mejoramiento.
- Pruebas de campo para identificar respuesta fenotípica y analizar interacción genotipo-ambiente.
- Prueba de material genético seleccionado que haya sido desarrollado para evaluar la respuesta a las condiciones ambientales y analizar la calidad del producto cosechado.
- Evaluación del material genético desarrollado en condiciones experimentales y de laboratorio.

- Evaluaciones de campo en diversas localidades, épocas del año y años.
- Evaluación del material genético a escala semi comercial.
- Producción de semilla comercial y crear la infraestructura para la correspondiente comercialización.

REFERENCIAS

Autoridad Nacional del Agua. (2017). Políticas, roles y responsabilidades en el manejo del agua para riego agrícola. *Fórum: efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.* Piura.

Bertrand, C., & Mackill, D. (2008). Marker assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of The Royal Society.*, 557-572.

Cairns, J., Crosa, J., Zaidi, P., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J., Atlin, G. (2013). Identification of drought, heat, and combines drought and heat tolerant donors in maize. *Crop Breeding & Genetics*.

Ceccarelli, S., Grando, M., Slash, M., Haghparast, R., Taheri, R., Al-Yasin, A., . . . Nachit, M. (2010). *Plant breeding and climate change*. Cambridge University Press.

Chapman, S., Chakraborty, S., Dreccer, F., & Howden, M. (2012). Plant adaptation to climate change: opportunities and príorities in breeding. *Crop & Pasture Science.*, 63:251-268.

Export, V. (2017). Observaciones de campo del efecto de las altas temperaturas y condiciones de sequía en el rendimiento y calidad de los productos cosechados. *Fórum: Efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.* Piura.

Guo-Liang, J. (2013). En *Molecular markers and marker assisted breeding in plants.*

McKersie, B. (2015). Planning for food security in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*.

Nadeema, M., Nawazb, M., Shahidc, M., Dogan, Y., Comertpay, G., Yildiz, M., . . . Balocha, F. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 261-285.

Paiva, J. (2017.). Relación entre consumo de agua de riego y requerimientos hídricos de los cultivos predominantes en Piura. *Fórum: efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.*

Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S., Zou, X., Zhang, X., Lu, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants*, 8(2):32.

Rázuri, V. (2017). Cambio climático y las plagas. *Fórum: efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.*

Reyes, M. (2017). Alternativas de solución propuestas por el programa de mejoramiento genético del algodonero-Facultad de Agronomía. *Fórum: efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.*

SENAMHI. (s.f.). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Obtenido de https://www.gob.pe/senamhi

Torres, L. (2010). *Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la Región Piura. Caso: principales productos agroexportables.* Consorcio de Investigación Económica y Social.

Viñas, L. (2017). Efecto del cambio climático en la biología de las plagas en el período 2000 al presente y las proyecciones al 2020. *Fórum: efecto del cambio climático en la agricultura de Piura.*

Ziyomo, C., & Bernardo, R. (2013). Drought tolerance in maize: indirect selection through secondary traits versus genome wide selection. *Crop Breeding & Genetics*.

7. Impacto del cambio climático en la producción agrícola de Piura, período 1975-2019

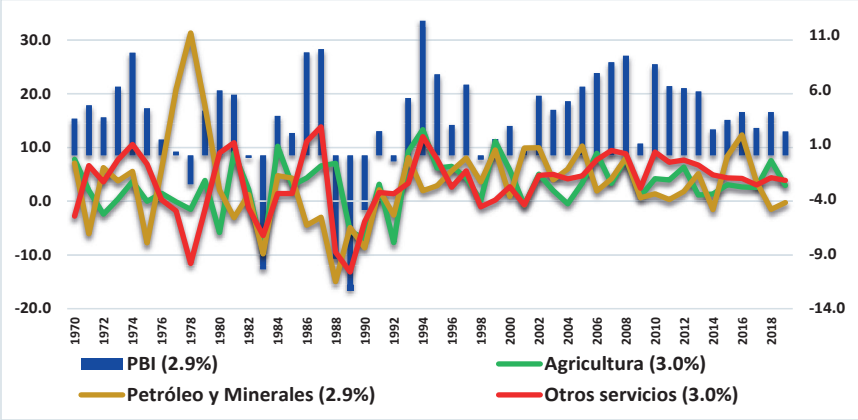
Humberto Correa Cánova
Marvin Suarez Guerrero

Introducción

La economía nacional en términos del PBI real (100=2007), durante el período 1970-2019, creció a una tasa promedio anual (tcpa) de 2.9 %, entre tanto, las actividades de mayor de contribución como los servicios (43.2 %) lo hicieron en 3.0 %; entre tanto, minería e hidrocarburos, por la provisión de divisas, registraron un crecimiento del 2.9 % (Figura 7.1).

Sin embargo, es necesario reconocer la vulnerabilidad de nuestra economía ante la presencia de eventos climáticos como exceso de lluvias o largos períodos de sequía, el Fenómeno de El Niño extraordinario (1983, 1998-1999, 2017), los terremotos de Huaraz (1970) e Ica (2007), y que sumados al período de terrorismo y el proceso hiperinflacionario de 1987-1990 afectaron fuertemente la base productiva y el desempeño de nuestra economía, y posteriormente a ello, a partir de 1993, la recuperación de la economía, especialmente a partir de la década del 2000.

Figura 7.1. Perú: estructura y dinámica sectorial 1970-2019



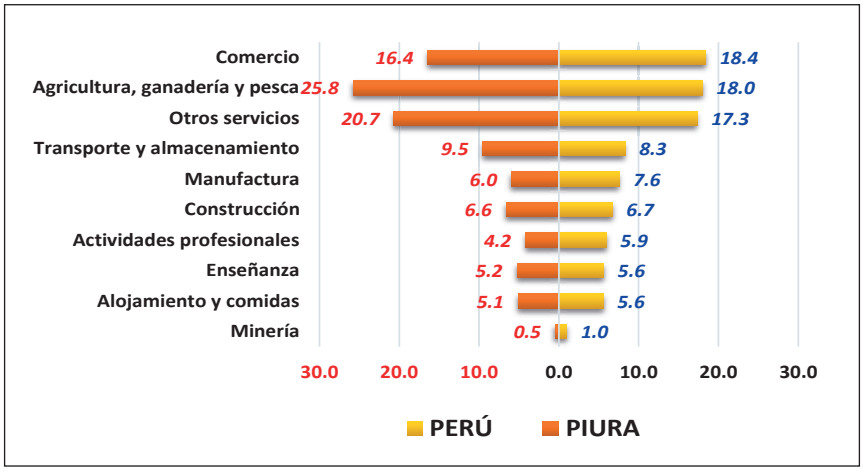
Fuente: INEI (2021). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

El crecimiento económico peruano se encuentra asociado principalmente por la dinámica de las actividades extractivas mineras, impulsado por el comportamiento favorable de los precios internacionales de los principales minerales que exporta el país, revelando a su vez la fragilidad de la economía, dada la volatilidad de dichos precios ante *shocks* en los mercados internacionales (Barrientos, 2018; y FAO-CAF, 2006), sumándose a ello la baja productividad de los factores productivos (Tello, 2017) que limita su competitividad dada la estructura productiva primario exportadora y de servicios de nuestra economía.

De otra parte, es de destacar que, si bien el crecimiento de la economía es dependiente de sus actividades principales (servicios, manufactura y minería), según datos del Censo 2017 es la agricultura la de mayor capacidad generadora de empleo, significando el 18.0 % de la Población Económicamente Activa Ocupada (PEAO), y en el caso de Piura el 25.8 %; en contraste con las actividades mineras que no superan el 1% de la PEAO (Figura 7.2).

Asimismo, se reconoce la importancia de la agricultura dadas sus interrelaciones con otros sectores productivos, además es la base de la producción agroindustrial y agroexportadora especialmente al interior del país; y constituye un soporte importante para la seguridad alimentaria y la reducción de los niveles de pobreza, en mayor medida en los ámbitos rurales por su mayor dependencia (Cannock y Gonzales, 1994; MINAGRI, 2012).

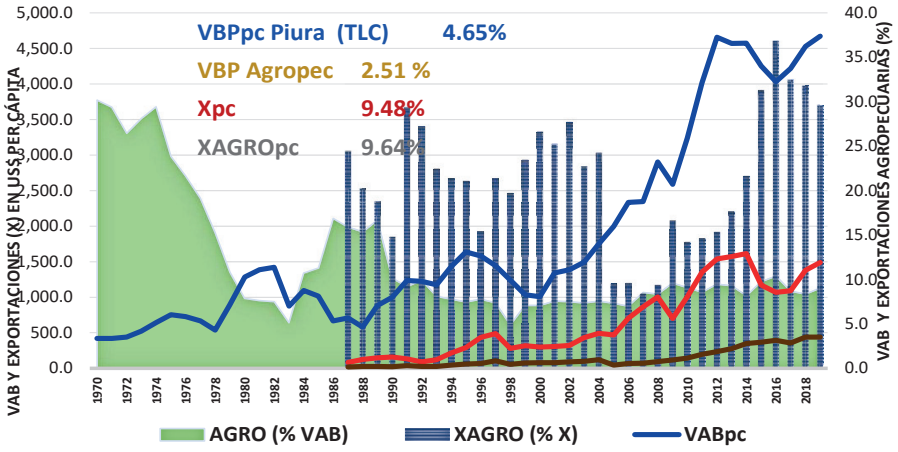
Figura 7.2. Estructura por actividades de la PEA, 2017



Fuente: INEI (2018). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

El crecimiento del sector agrícola durante el período 1970-2019 fue del 3.0 % y 2.51 % promedio anual, para el promedio nacional y de Piura respectivamente, favorecido principalmente por dos medidas importantes como son los Tratados de Libre Comercio (TLC) y la Ley de Promoción Agraria desde 2002. En lo particular, ello se reflejó en un dinamismo importante de las exportaciones piuranas durante el período 1987-2019, principalmente las agropecuarias (tcpa=9.64 %), ver Figura 7.3.

Figura 7.3: Piura: dinámica de la actividad económica, agrícola y de exportaciones 1970-2019



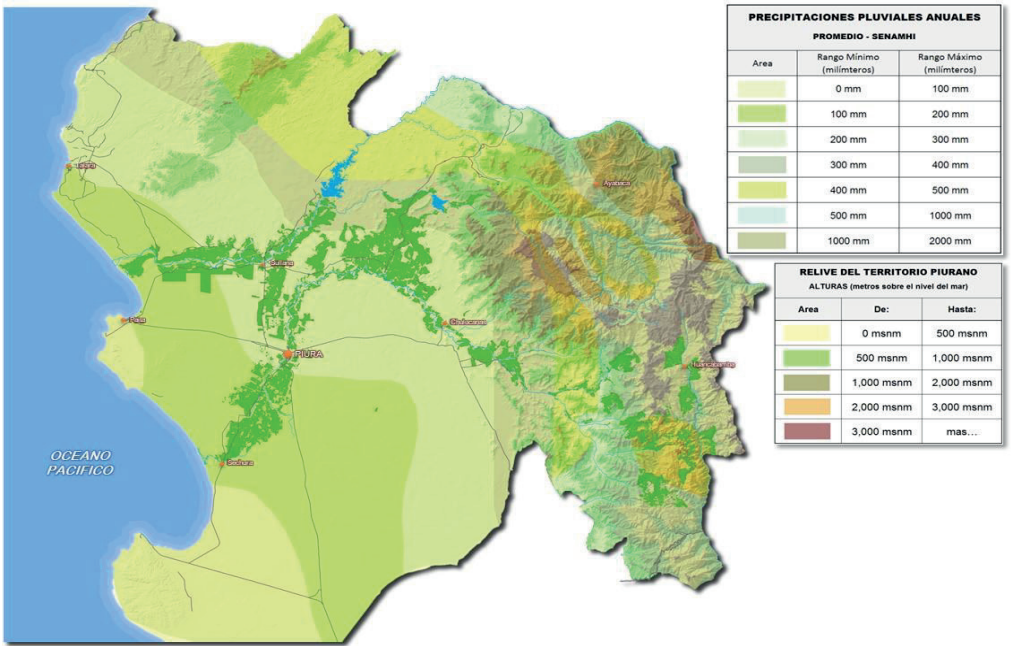
Fuente: INEI (2020); INEI (2012); BCRP-Piura (s.f). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M (2020).

El espacio para la agricultura es de particular importancia para la economía regional, y el empleo, como ya se advirtió. Piura, a pesar de estar ubicada cerca del trópico está caracterizada por zonas semiáridas y áridas en más del 85 % del territorio, involucrando gran parte de las provincias de Talara, Sullana, Paita, Piura y Sechura (SENAMHI, 2021), por lo que sus actividades agrícolas están fuertemente influenciadas por las condiciones climáticas, y la complejidad de las mismas dada su diversidad al definirse en el territorio regional 11 de los 38 climas del país.

En la Figura 7.4 se observan las condiciones del clima en relación a la agricultura, destacándose que ella depende ahora de dos vasos reguladores (Poechos [1974] y San Lorenzo [1956]) que permiten irrigar más de 150 mil ha en la región, con grandes altibajos anuales por las condiciones climáticas que se presentan, por lo que se puede sostener que la región tiene condiciones favorables para la agricultura a pesar de efectos de cambio climático, ya que ella dispondrá de una mayor disponibilidad de recursos

hídricos en el presente siglo, pero requiere de manejar sus recursos hídricos y desarrollar la infraestructura correspondiente con el acompañamiento técnico, desarrollo de las capacidades humanas, mayor eficiencia en la gestión promotora del Estado, entre otras como el aspecto financiero y desarrollo de los mercados (locales e internacionales).

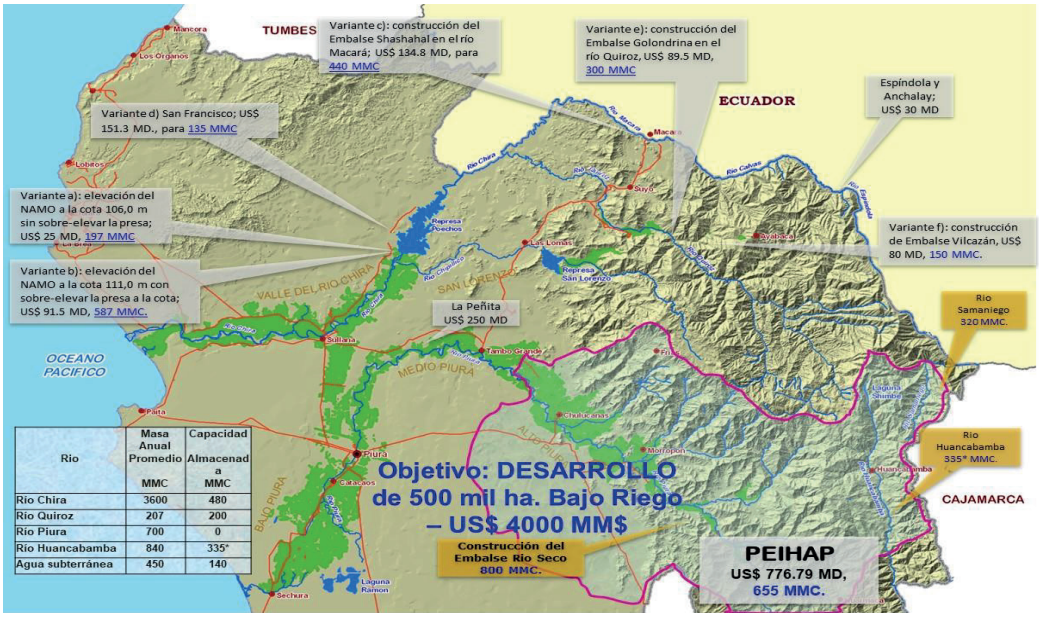
Figura 7.4: Piura: Condiciones climáticas para la agricultura regional



Fuente: SENAMHI (s.f.)
Elaboración: Correa H.- Quezada J.

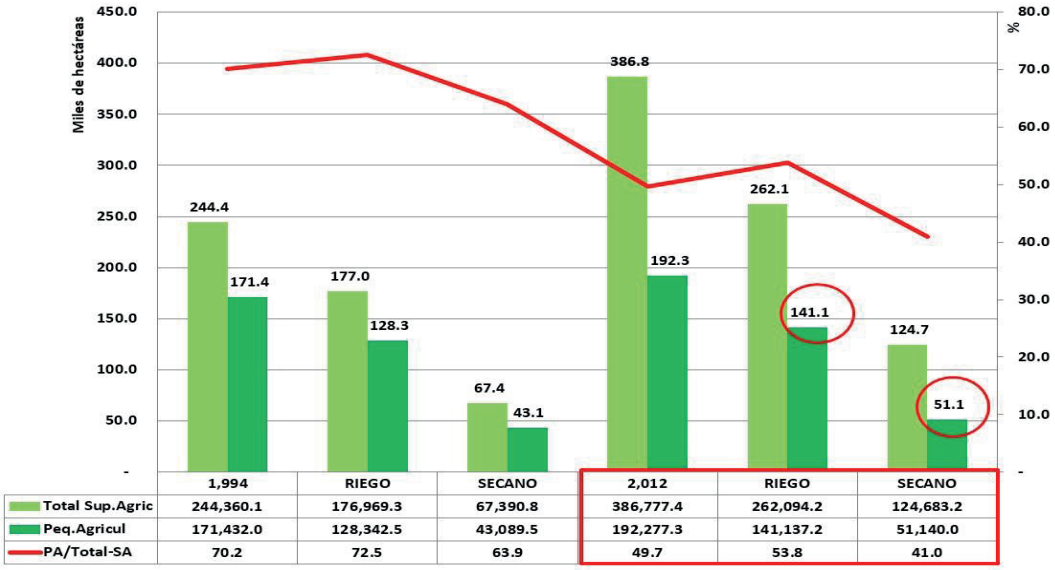
Por lo que también se plantean un grueso de inversiones que permitan almacenar el agua, que en promedio en más de 3 000 millones de metros cúbicos (MMC) se vierte al mar, por carecerse de reservorios suficientes, dadas las condiciones de concentración del período lluvioso (diciembre a marzo). En la Figura 7.5 se resumen los principales proyectos e inversiones a realizar desde ya, dadas las condiciones favorables para la provisión de agua en el presente siglo que permitiría sostener hasta 500 mil ha bajo riego, con módulos eficientes de riego y cultivos de alto rendimiento.

Figura 7.5: Piura: Inversiones necesarias para el desarrollo agrícola regional


TUMBES
ECUADOR
Variante c): construcción del Embalse Shashahal en el río Macará; US$ 134.8 MD, para 440 MMC
Variante e): construcción del Embalse Golondrina en el río Quiroz, US$ 89.5 MD, 300 MMC
Espíndola y Anchalay; US$ 30 MD
Variante d) San Francisco; US$ 151.3 MD., para 135 MMC
Variante a): elevación del NAMO a la cota 106,0 m sin sobre-elevar la presa; US$ 25 MD, 197 MMC
Variante b): elevación del NAMO a la cota 111,0 m con sobre-elevar la presa a la cota; US$ 91.5 MD, 587 MMC.
Variante f): construcción de Embalse Vilcazán, US$ 80 MD, 150 MMC.
Rio Samaniego 320 MMC.
La Peñita US$ 250 MD
OCEANO PACIFICO
VALLE DEL RIO CHIRA
MEDIO PIURA
BAJO PIURA
ALTO PIURA
Objetivo: DESARROLLO de 500 mil ha. Bajo Riego – US$ 4000 MM$
Construcción del Embalse Rio Seco 800 MMC.
PEIHAP US$ 776.79 MD, 655 MMC.
Rio Huancabamba 335* MMC.
CAJAMARCA
Represa Poechos
Represa San Lorenzo
Rio Chira
Rio Quiroz
Rio Piura
Rio Huancabamba
Rio Canchaque
Rio Salitral
Rio Yapatera
Rio Cañaris
Rio Sumaca
Rio Pusmalca
Rio Sambo
Rio Samaniego
Rio Pusmalca
Rio Huarmaca
Rio Pusmalca
Rio Pusmalca
Rio Pusmal

Las condiciones de vulnerabilidad en Piura son mayores, en una estructura del sector dominada por la pequeña agricultura[1], con una participación del 49.7 % de la superficie agrícola total (192 277.3 ha); de las cuales el 73.4 % (141 137.2 ha) se encuentran bajo riego (Figura 7.6); y en donde, según datos del CENAGRO 2012, el 75 % de las UAs considera que la actividad agropecuaria no le produce los suficientes ingresos para atender sus gastos.

Figura 7.6: Piura: Superficie Agrícola según tipo de agricultura y tipo de riego



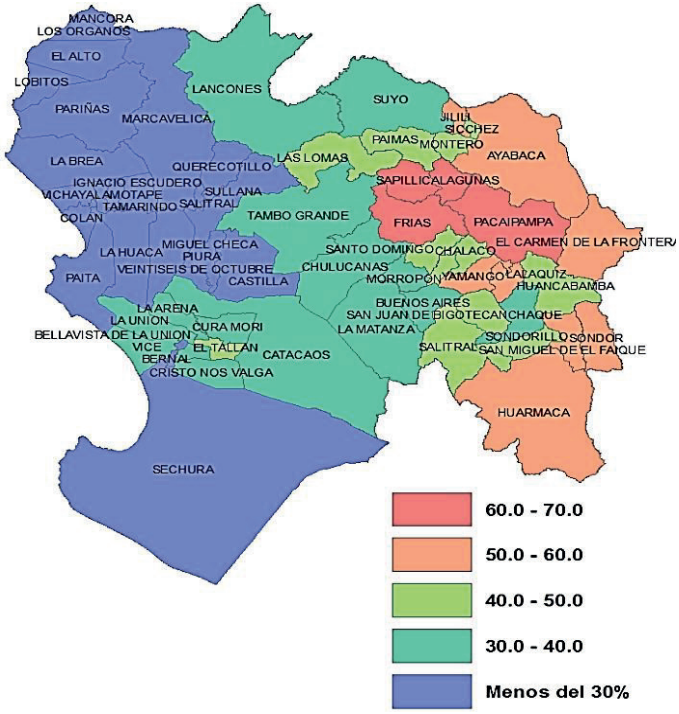
	1,994	RIEGO	SECANO	2,012	RIEGO	SECANO
Total Sup.Agric	244,360.1	176,969.3	67,390.8	386,777.4	262,094.2	124,683.2
Peq.Agricul	171,432.0	128,342.5	43,089.5	192,277.3	141,137.2	51,140.0
PA/Total-SA	70.2	72.5	63.9	49.7	53.8	41.0

Fuente: INEI - Censo Nacional Agropecuario 1994 y 2012.
Elaboración: Correa, H. y Suarez, M (2020)

En tal sentido, en una PEAO con predominancia del sector agrícola, los impactos de la variabilidad y cambio climático, que se manifiestan en eventos recurrentes del FEN que descapitaliza los territorios y agravan las condiciones de bienestar en la región, principalmente de los territorios altoandinos donde se concentra el bolsón de pobreza (Figura 7.7), sumados al escenario actual de crisis sanitaria por el COVID-19, que ha implicado un incremento en 10.8 pp entre 2019 y 2020 (Figura 7.8).

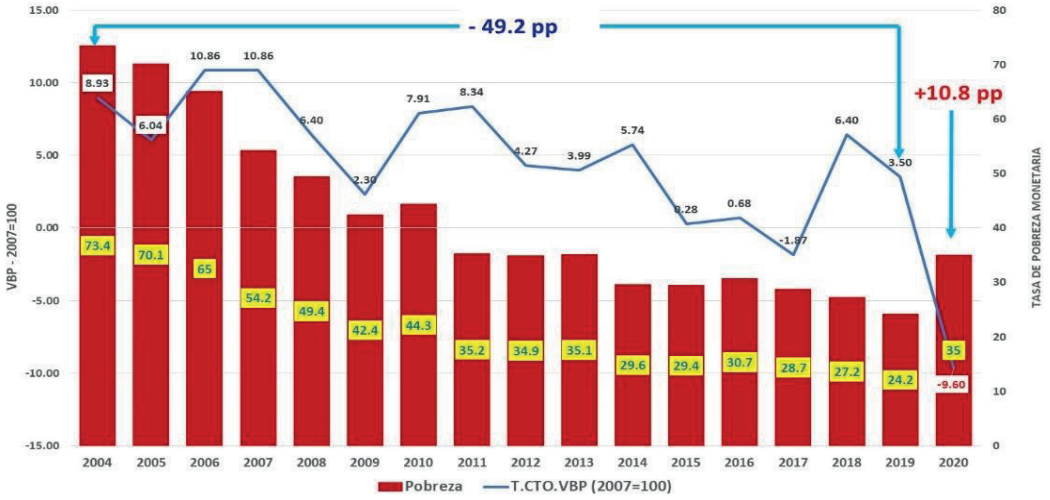
[1] La pequeña agricultura en el presente documento se refiere a la actividad productiva que realizan unidades familiares y productores individuales cuyo tamaño de explotación nones mayor a las 10 hectáreas (ha).

Gráfico 7.7: Piura: Pobreza Monetaria distrital 2018



Fuente: INEI (2020). Elaboración: CPEP – Suarez, M.

Figura 7.8 Piura: Valor bruto de la producción y Pobreza Monetaria 2004–2020



Fuente: INEI (2021). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M (2020)

Por lo tanto, esta parte del trabajo constituye un diagnóstico sobre las condiciones del sector agrícola de la región ante los potenciales impactos asociados al cambio climático, distinguiéndose entre aquellos que afectarían la competitividad regional vía la oferta agroexportable, así como también los riesgos sobre la seguridad alimentaria de la región y del país, explicados por el comportamiento de la productividad en cultivos materia de análisis, durante el periodo 1975-2019.

7.1 Planteamiento del problema

7.1.1 Determinación

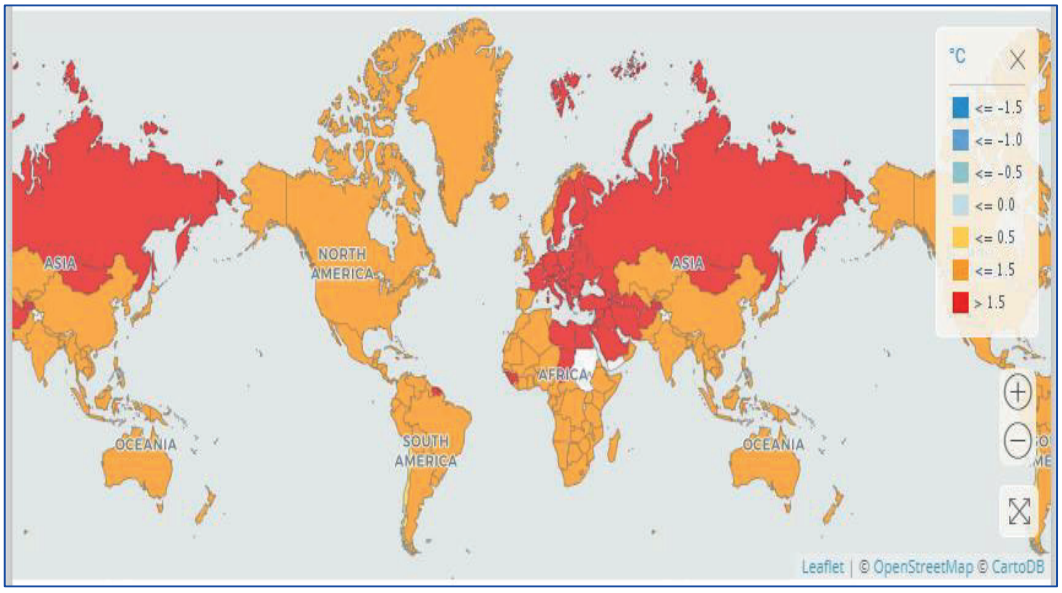
El cambio climático representa un problema de escala global, con impactos diferenciados en los territorios, que se manifiesta en aumentos de temperatura (atmosférica y oceánica), cambios en los patrones de precipitaciones, decrecimiento de los volúmenes de hielo y nieve, y el incremento del nivel del mar (Galindo *et al.,* 2015), afectándose con ello los sistemas humanos y los sectores productivos más vulnerables como la agricultura y pesca, por lo que deben ser considerados en las estrategias de desarrollo (Barrientos, 2018 y MINAGRI, 2012).

En el escenario global, cada uno de los tres últimos decenios han sido sucesivamente más cálidos en la superficie terrestre que cualquier decenio anterior desde 1850, significando en el período 1880-2012 un incremento en la temperatura entre 0.65 ºC y 1.06 ºC, con proyecciones a que dicha tendencia se mantenga en el futuro (> 1°C), con episodios de calor y precipitaciones extremas de mayor intensidad y cada vez más frecuentes (IPCC, 2015 y Galindo *et al.,* 2015).

En el caso latinoamericano, desde 1960, se ha registrado en promedio un incremento en la temperatura de 0.1°C por década, con períodos caracterizados por un aumento de los días calurosos y una disminución de los fríos (CEPAL, 2015).

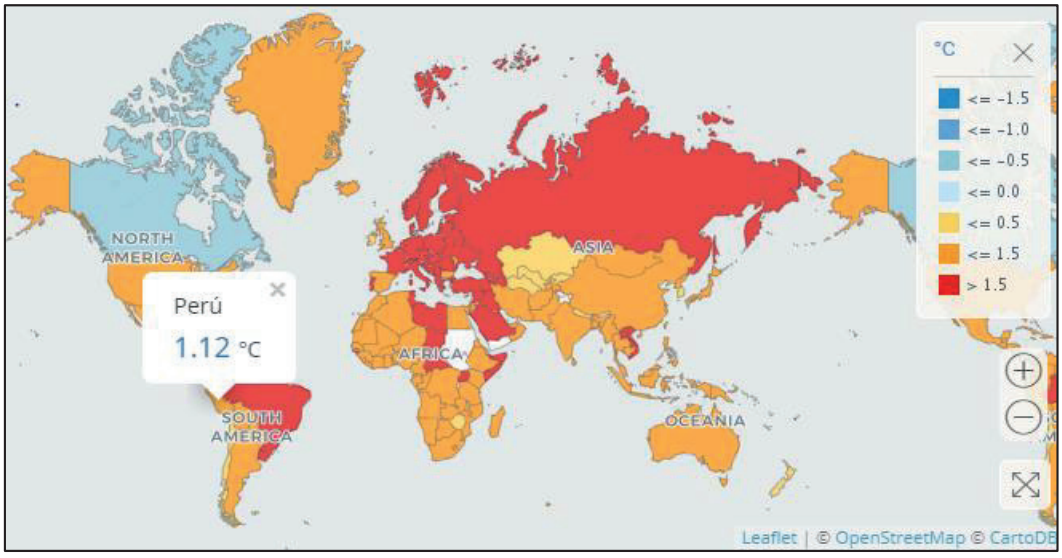
De la información abierta que dispone la FAO (s. f.), el Perú en el período 1960-2019 registra un incremento de la temperatura media de 0.8 ºC; además, los meses de mayor variación corresponden al trimestre septiembre-noviembre con un incremento a un grado centígrado (Figuras 7.9 y 7.10). Asimismo, es posible observar que, a partir de 1977, la temperatura se acelera de forma sostenida, con picos que superan los promedios mundiales cuando se producen fenómenos del niño de intensidad extraordinaria (1983 y 1998); además; a partir del 2001 tanto el Perú como el resto del mundo registra en promedio incrementos anuales superiores a 0.5 ºC (Figura 7.11).

Figura 7.9: Mundo: Variación media de la temperatura, año meteorológico 1961-2019.



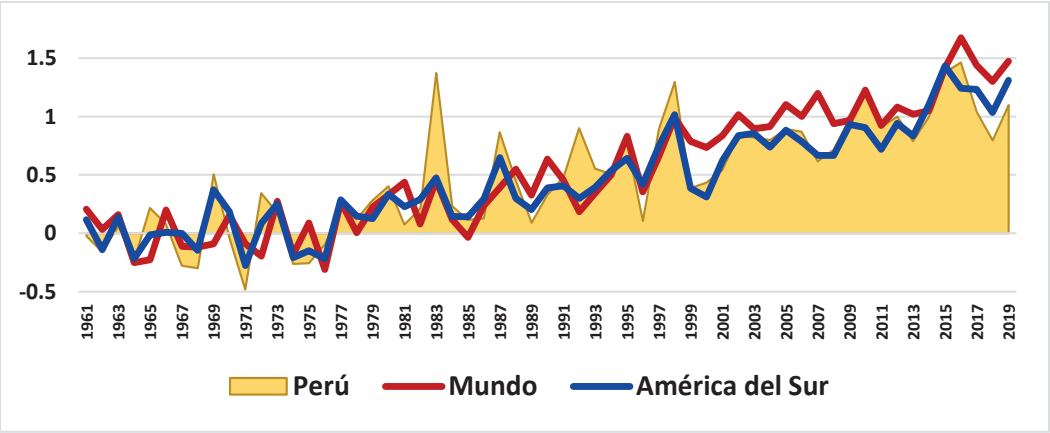
Fuente: FAO (s.f.)

Figura 7.10 Mundo: Variación media de la temperatura, septiembre a noviembre 1961-2019.



Fuente: FAO (s.f.)

Gráfico 7.11: Mundo: Cambio de la temperatura atmosférica (ºC) observada 1961-2019 respecto a la normal (1951–1980).



Fuente: FAO (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M (2020)

América Latina es una de las regiones de mayor vulnerabilidad al cambio climático, y de manera particular los países de la región andina (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia), por la variedad de climas existentes producto de la conjunción de diferentes procesos atmosféricos en los Andes Centrales, donde las inundaciones y sequías son recurrentes en toda la región; y que dada su complejidad resulta difícil predecir con claridad la manera en que los cambios del clima global pueden afectar a los ecosistemas, las actividades económicas y el bienestar de la población (Amat y León, 2008; Garea, 2014; IPCC, 2014; Galindo *et al.*, 2015).

El Cambio Climático en la región andina según Amat y León (2008) viene evidenciándose por más de tres décadas, registrándose un incremento en la temperatura en 0.34 ºC por década, superior al promedio Global (0.2 ºC) y Latinoamericano (0.1 ºC) y; además, en una mayor probabilidad de ocurrencia y aumento en la intensidad de El Niño Oscilación del Sur (FEN), que es el primer modo de variabilidad climática interanual y configura gran parte de las amenazas en la región (Amat y Leon, 2008; Conde y Saldaña, 2007).

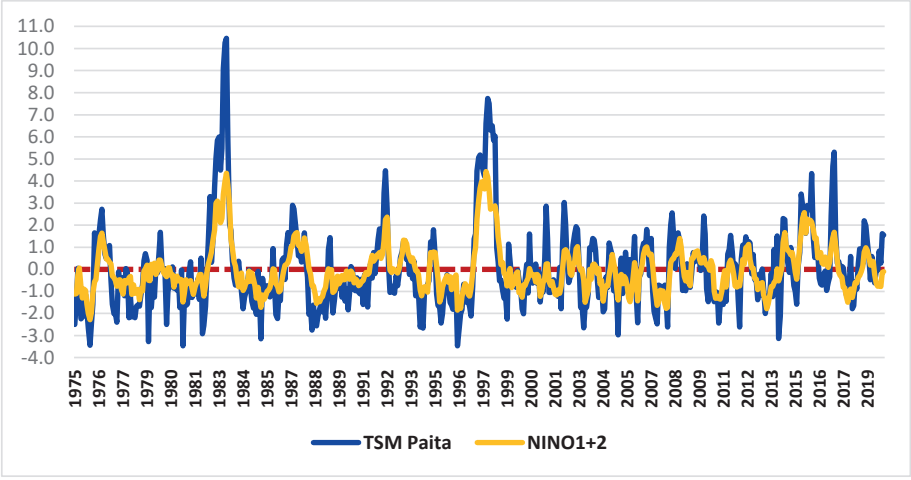
Asimismo, de forma particular el Perú es considerado como uno de los países más vulnerables al cambio climático, y que se viene manifestando por dos sucesos: el retroceso de los glaciares y el FEN. Dicho fenómeno impacta en varios lugares de la tierra, sin embargo, sus mayores efectos se producen en las costas norte del Perú,

provocando en sus fases fría y cálida, tanto inundaciones como sequías en esta parte del país (Torres y Gómez, 2008; Torres, Gómez y Berrú, 2008).

El FEN es caracterizado por una desviación positiva de la temperatura superficial del mar (TSM) respecto a su período base (1980-2009), constituyendo una situación anómala de riesgo cuando dicha temperatura se haya incrementado en un valor igual o mayor a 0.4ºC durante al menos tres meses consecutivos (Torres, Gómez y Berrú, 2008; ENFEN, 2012).

La TSM tomando como referencia la región Niño 1+2 propuesta por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), donde se incluye el litoral norte del Perú (ENFEN, 2012) se encuentra una marcada asociación con la TSM del mar de Paita, resultando un hallazgo importante para para analizar las condiciones climáticas de Piura. En dicha relación se evidencia que los eventos del FEN ocurren en períodos donde la variación de la TSM supera los 4 ºC, tal como sucedió en 1983, 1992 y 2017 (Figura 7.12).

Gráfico 7.12: Variación media de la temperatura superficial del mar de Paita y Región Niño1+2, 1975 - 2019



Fuente: IMARPE (s.f.); NOOA (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

Además, el comportamiento normal (1980-2009) de la TSM en Paita describe un ciclo que inicia en setiembre, correspondiente a su nivel más bajo (16.6 ºC), acelerándose hasta los meses de enero-marzo, donde las temperaturas superan los

20 ºC. En la década 2010-2019 la TSM registra un incremento respecto a sus niveles normales en 8 meses del año, destacándose enero con una variación positiva de 0.56 ºC (Tabla 7.1).

Tabla 7.1: Estación de Paita: Promedio de la Temperatura Superficial del Mar 1980-2019.

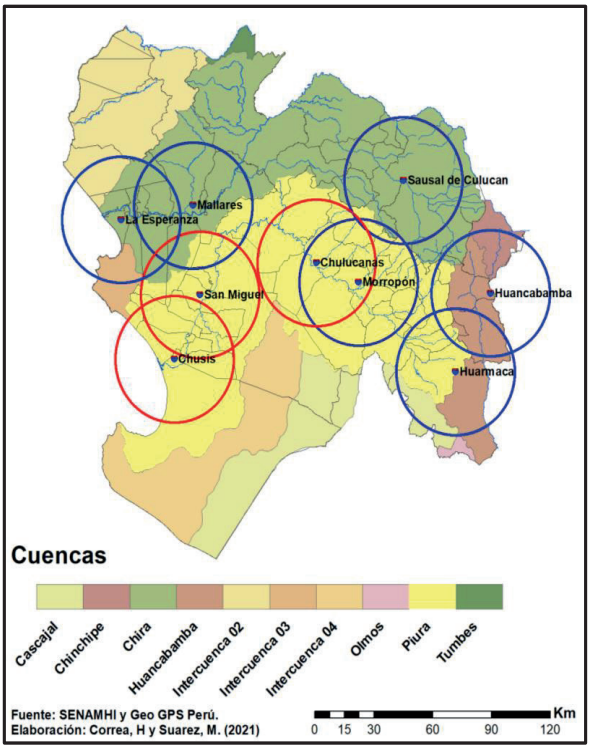
Periodo	ENE	MAR	MAY	JUL	SET	NOV	ENE	MAR	MAY	JUL	SET	NOV
1980-1989	20.6	22.8	22.7	20.3	19.2	18.8	17.8	16.7	16.4	17.4	17.9	18.7
1990-1999	20.6	23.4	23.2	20.6	19.8	18.3	17.4	17.0	16.6	17.2	18.1	19.0
2000-2009	20.5	23.0	22.5	20.1	18.5	17.7	17.4	17.2	16.8	17.5	18.0	18.7
2010-2019	21.1	23.1	22.7	20.7	19.6	18.6	17.7	17.0	17.0	17.2	18.2	18.7
Normal 1980-2009	20.5	23.1	22.8	20.3	19.2	18.3	17.6	17.0	16.6	17.4	18.0	18.8
Variación 2010-2019 y normal	0.6	0.0	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.1	0.0	0.4	-0.2	0.2	-0.1

Fuente: IMARPE (s.f). Elaboración. Correa, H. y Suarez, M.

Otra de las manifestaciones de cambio climático registradas en los últimos años en la región Piura, es la variación en la temperatura atmosférica, la misma que ha tenido manifestaciones diferenciadas en función a las características propias de los territorios. En tal sentido, tomando como referencia seis estaciones de la región en zonas estratégicas del territorio y en las cuencas de mayor relevancia para las actividades agrícolas, como La Esperanza y Mallares en la cuenca del Chira; Morropón en la del Piura, así como Huancabamba y Huarmaca en la cuenca Huancabamba (Figura 7.13).

De la información climática analizada se tiene un comportamiento más estable en el caso de la temperatura mínima (Tmin) y que sigue la tendencia de la TSM, registrando sus mayores niveles (>15 ºC) en las estaciones de menor altitud (>1,000 m s. n. m.), como La Esperanza (7 m s. n. m.), Mallares (44 m s. n. m.), Morropón (128 m s. n. m.) y Sausal de Culucán (997 m s. n. m.).

Gráfico 7.13: Piura: Principales estaciones y cobertura (radio=30 km) por cuenca hidrográfica

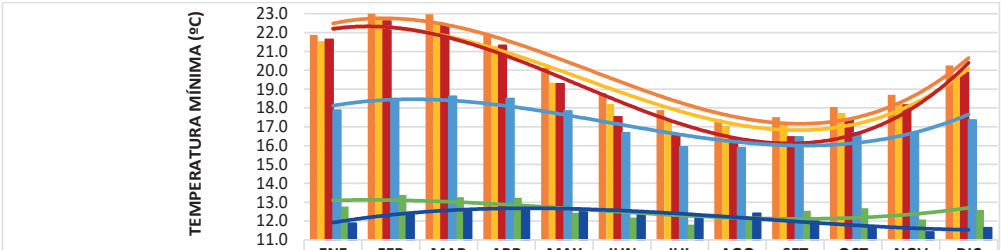


En contraste, estaciones que se encuentran a una altitud superior a 1 900 m s. n. m., como es el caso de Huancabamba (1 959 m s. n. m.) y Huarmaca (2 171 m s. n. m.), donde se tiene temperaturas mínimas que no superan los 14 ºC (Figura 7.14). Sin embargo, dichas estaciones registran una variación positiva para todos los meses del año, en mayor medida para Huancabamba donde se tienen incrementos superiores a 0.9 ºC (Figura 7.15).

Por su parte, la temperatura máxima (Tmax) presenta una mayor variabilidad, y la fase cíclica asociada a la TSM solo se evidencia en el caso de las estaciones de Mallares y Morropón, quienes a su vez presentan los mayores niveles en todo el periodo analizado (1980-2009); entre tanto, Huarmaca presenta un comportamiento totalmente distinto, donde el trimestre junio-agosto resulta ser el más cálido, mientras que diciembre-febrero presenta las Tmax más bajas (Figura 7.16).

En este caso, solo las estaciones de Mallares y Morropón registran en la última década (2010-2019) una Tmax superior a su temperatura normal para todos los meses del año, destacándose Mallares con incrementos superiores a un grado (Figura 7.17).

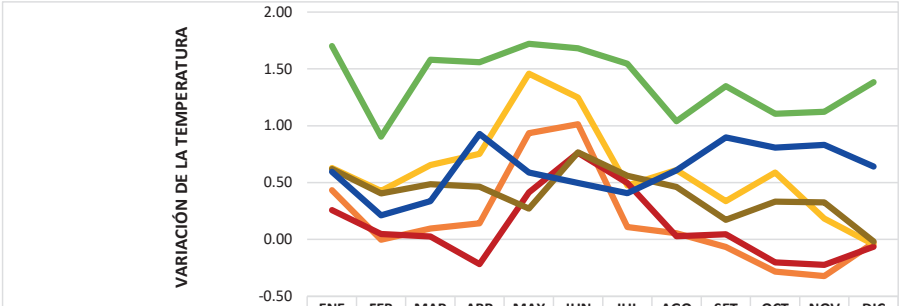
Figura 7.14 Piura: Promedio de la Temperatura Mínima (Tmin) 1980-2009



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
LA ESPERANZA (7 msnm)	21.9	23.3	23.0	21.9	20.1	18.8	17.9	17.4	17.5	18.1	18.7	20.3
MALLARES (44 msnm)	21.6	22.8	22.5	21.3	19.3	18.2	17.4	17.1	17.2	17.7	18.2	19.7
MORROPÓN (128 msnm)	21.6	22.6	22.4	21.3	19.3	17.5	16.5	16.3	16.5	17.3	18.2	19.9
SAUSAL DE CULUCAN (997 msnm)	17.9	18.5	18.6	18.5	17.8	16.7	15.9	15.9	16.5	16.7	16.7	17.4
HUANCABAMBA (1959 msnm)	12.8	13.4	13.3	13.2	12.4	12.2	11.8	12.1	12.5	12.7	12.1	12.6
HUARMACA (2171 msnm)	11.9	12.4	12.6	12.8	12.5	12.5	12.3	12.4	12.1	11.7	11.4	11.6

Fuente: SENAMHI (s.f.) y ANA (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

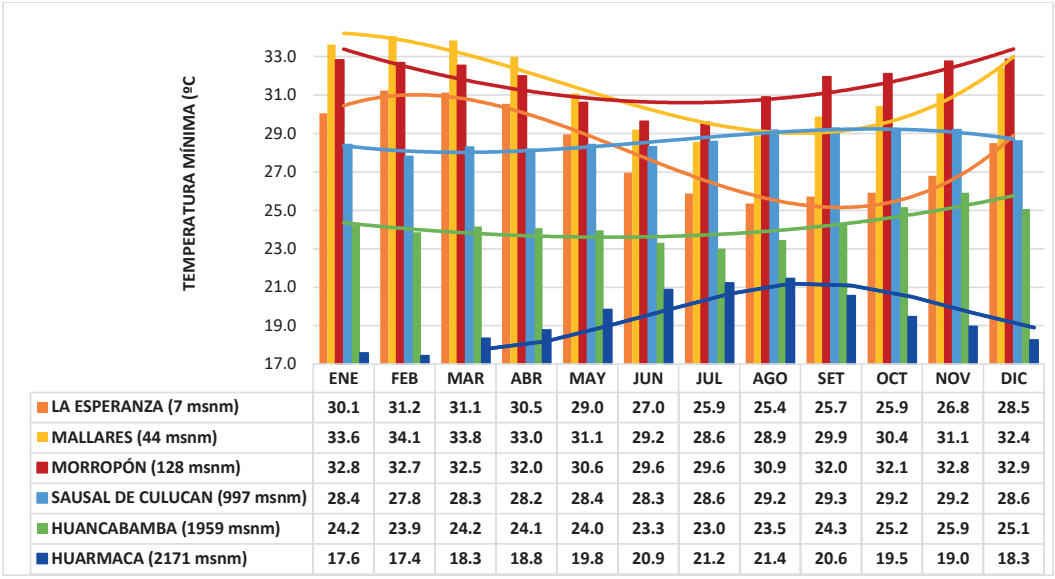
Figura 7.15: Piura: Variación de la Temperatura Mínima (Tmin) 2010-2019 respecto a la normal



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
LA ESPERANZA (7 msnm)	0.43	0.00	0.10	0.14	0.93	1.01	0.11	0.05	-0.07	-0.28	-0.32	-0.03
MALLARES (44 msnm)	0.63	0.43	0.65	0.75	1.46	1.25	0.48	0.61	0.34	0.59	0.18	-0.04
MORROPÓN (128 msnm)	0.26	0.05	0.03	-0.22	0.41	0.76	0.50	0.03	0.04	-0.20	-0.22	-0.06
SAUSAL DE CULUCAN (997 msnm)	0.62	0.40	0.49	0.46	0.27	0.76	0.56	0.46	0.17	0.33	0.33	-0.02
HUANCABAMBA (1959 msnm)	1.70	0.90	1.58	1.56	1.72	1.68	1.55	1.04	1.35	1.10	1.12	1.38
HUARMACA (2171 msnm)	0.60	0.21	0.34	0.93	0.59	0.50	0.41	0.61	0.90	0.81	0.83	0.64

Fuente: SENAMHI (s.f.) y ANA (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

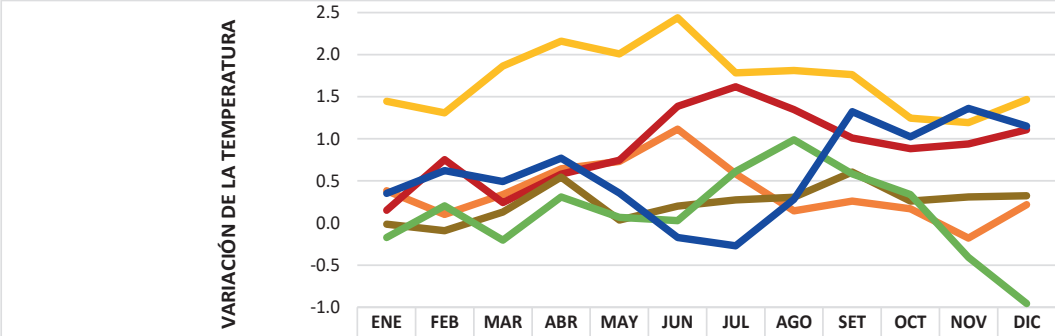
Figura 7.16: Piura: Promedio de la Temperatura Máxima (Tmax) 1980-2009



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
LA ESPERANZA (7 msnm)	30.1	31.2	31.1	30.5	29.0	27.0	25.9	25.4	25.7	25.9	26.8	28.5
MALLARES (44 msnm)	33.6	34.1	33.8	33.0	31.1	29.2	28.6	28.9	29.9	30.4	31.1	32.4
MORROPÓN (128 msnm)	32.8	32.7	32.5	32.0	30.6	29.6	29.6	30.9	32.0	32.1	32.8	32.9
SAUSAL DE CULUCAN (997 msnm)	28.4	27.8	28.3	28.2	28.4	28.3	28.6	29.2	29.3	29.2	29.2	28.6
HUANCABAMBA (1959 msnm)	24.2	23.9	24.2	24.1	24.0	23.3	23.0	23.5	24.3	25.2	25.9	25.1
HUARMACA (2171 msnm)	17.6	17.4	18.3	18.8	19.8	20.9	21.2	21.4	20.6	19.5	19.0	18.3

Fuente: SENAMHI (s.f.) y ANA (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

Figura 7.17: Piura: Variación de la Temperatura Máxima (Tmax) 2010-2019 respecto a la normal



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
LA ESPERANZA (7 msnm)	0.4	0.1	0.3	0.6	0.7	1.1	0.6	0.1	0.3	0.2	-0.2	0.2
MALLARES (44 msnm)	1.4	1.3	1.9	2.2	2.0	2.4	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	1.5
MORROPÓN (128 msnm)	0.2	0.8	0.2	0.6	0.7	1.4	1.6	1.3	1.0	0.9	0.9	1.1
SAUSAL DE CULUCAN (997 msnm)	0.0	-0.1	0.1	0.5	0.0	0.2	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3
HUANCABAMBA (1959 msnm)	-0.2	0.2	-0.2	0.3	0.1	0.0	0.6	1.0	0.6	0.3	-0.4	-1.0
HUARMACA (2171 msnm)	0.4	0.6	0.5	0.8	0.4	-0.2	-0.3	0.3	1.3	1.0	1.4	1.2

Fuente: SENAMHI (s.f.) y ANA (s.f.) - Elaboración: Correa, H. y Suarez, M.

De otra parte, una característica de la región andina, por sus condiciones estructurales y de escaso desarrollo industrial, según Amat y Leon (2008), es que la agricultura es el sustento de la actividad económica de sus pueblos, por su capacidad generadora de empleo y por las interrelaciones con otros sectores (manufactura, comercio y servicios). Sin embargo, dicho sector se encuentra altamente relacionado con las condiciones ambientales y la disponibilidad y calidad de los recursos naturales, lo que lo ubica en una situación de vulnerabilidad ante eventos de cambio climático que se manifiesta en los niveles de producción y rendimiento de los cultivos, constituyendo un riesgo para el bienestar de su población y la seguridad alimentaria local, nacional y global (Amat y Leon, 2008; IPCC, 2014; Galindo, *et al.*, 2015; FAO, 2018).

En este sentido, estudios de carácter global, sobre la base de los cultivos más importantes en el mundo (40 % del área cultivable) como el trigo, arroz, maíz, soya, cebada y sorgo; señalan que si bien aproximadamente el 29% de los rendimientos en dichos cultivos se encuentra asociado a variables de cambio climático (temperatura y precipitación), un gran porcentaje se debe a variables omitidas que deben ser consideradas para tener un mejor ajuste, relacionadas con la estacionalidad de los cultivos, condiciones sociales y económicas que influyen sobre el manejo de los cultivos en cada territorio (Lobell & Field, 2007; Ortiz, 2012).

Es por ello que, en el caso peruano y piurano, se debe prestar especial atención los impactos sobre los cultivos representativos en función a sus potencialidades, distribución espacial, al mercado nacional e internacional, así como, a la seguridad alimentaria y nutricional del país; y aquellos que por su área cultivable y su generación de empleo son de interés nacional, tal es el caso del arroz, papa y maíz amarillo duro.

En el caso de Piura, dada su dinámica agroexportadora se tiene como cultivos importantes a la uva, mango y plátano, que en conjunto representan más del 40 % del VBP del sector agrícola (Tabla 7.2); sin embargo, también deben considerarse cultivos como el arroz, la papa y maíz, que se orientan principalmente al mercado local y a contribuir a la seguridad alimentaria de la región.

Es de advertir en ese sentido, en una muestra de cinco productos agrícolas regionales como el banano, café, cacao, papa y maíz amiláceo; en tres de ellos se tienen rendimientos negativos durante el período 1975-2019, destacando el café y el cacao con un descenso en su productividad a una tasa promedio anual del 1 % aproximadamente (Figura 7.18). Asimismo, se tiene que el rendimiento del maíz amiláceo y el café, se encuentra correlacionado negativamente con la Tmin para todos los meses del año (Tabla 7.3), lo que constituye una preocupación latente por los potenciales impactos del

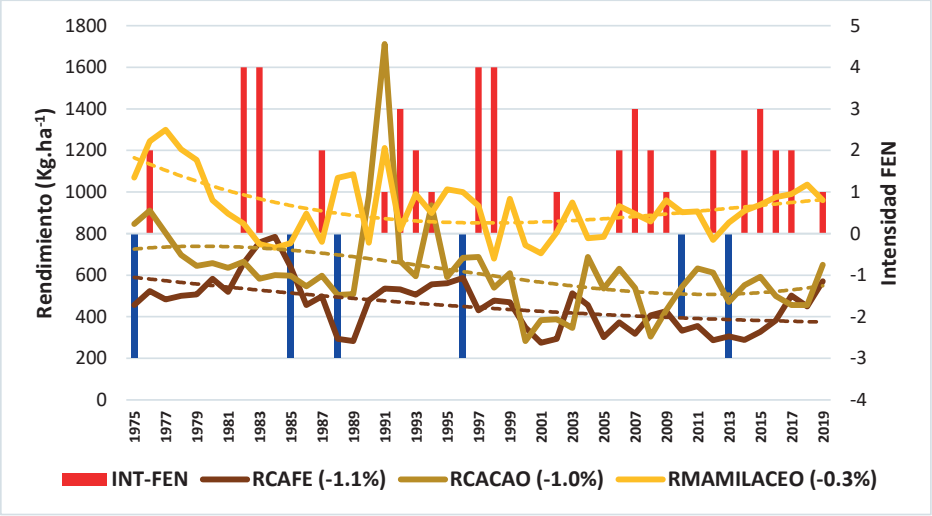
cambio climático dada la evidencia de incremento en las temperaturas tanto mínimas como máximas en la región.

Sin embargo, en el mismo período, tanto el banano como la papa registran en promedio rendimientos crecientes a tasas del 2.25 y 0.2 % respectivamente (Figura 7.19). Además, respecto al banano, si bien muestra una tendencia positiva en su rendimiento, resulta ser sensible a los períodos de FEN, con caídas en la productividad coincidente con los niños extraordinarios y fuertes de los años 1983, 1998, 2002 y 2017 (Figura 7.19), lo que se evidencia también en una correlación negativa respecto a las precipitaciones en 9 meses del año, siendo estadísticamente significativa y a un nivel superior al 30 % en los meses de enero, marzo, abril y mayo (Tabla 7.4).

Es preciso establecer los impactos particulares (negativos, positivos y no significativos) que el incremento sostenido de la temperatura y eventos como el FEN puede causar en estos y otros cultivares estratégicos para los ingresos por exportaciones, como en el plano de la seguridad alimentaria, más en un escenario de post pandemia, en que la economía aún sufrirá los efectos negativos de una abrupta caída estimada del 11.4 % del PBI real del país (INEI, s.f.), y no menos del 15 % en el VBP de la producción piurana en 2020, y que se reflejará indudablemente en el aumento de la pobreza, especialmente en las zonas productoras.

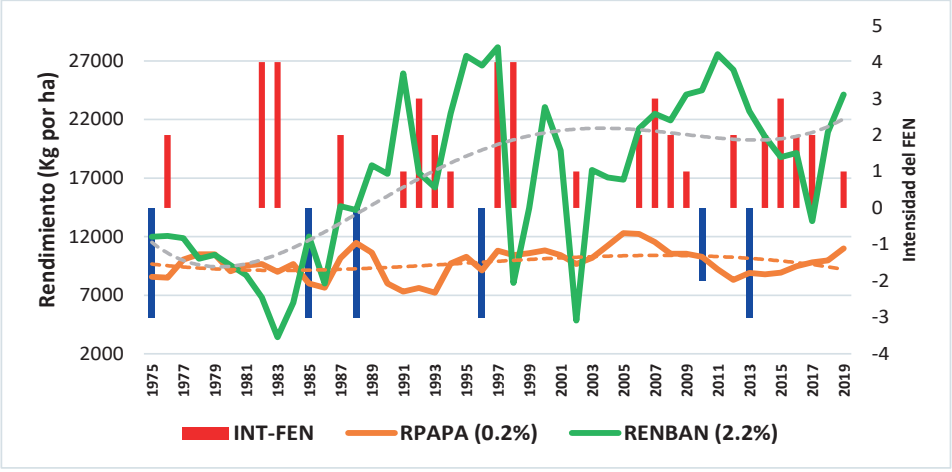
Asimismo, es necesario reconocer que la magnitud de los impactos está en función de la interacción entre el clima, la topografía, los tipos de suelo, recursos biofísicos, la disponibilidad de agua, fenología y requerimientos de cada cultivo; pero condicionados a las características del sistema de producción, la política pública, la capacidad adaptativa e interrelación entre los actores involucrados para reducir la vulnerabilidad (Ortiz, 2012; Lobell *et al.*, 2008; Lobell y Field, 2007), que deben ser considerados en estudios de esta naturaleza.

Figura 7.18: Piura: Evolución del rendimiento del café, cacao, y maíz amiláceo e intensidad del FEN 1975-2019.



Intensidad FEN: Niño *(condiciones cálidas) y* ***Niña*** *(condiciones frías)*
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA (s.f.) y MIDAGRI (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

Figura 7.19 Piura: Evolución del rendimiento de la papa y banano e intensidad del FEN 1975-2019.



Intensidad FEN: Niño *(condiciones cálidas) y* ***Niña*** *(condiciones frías)*
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA (s.f.) y MIDAGRI (s.f.)
Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

Tabla 7.2 Piura: Correlaciones parciales entre el rendimiento agrícola y la temperatura máxima durante el periodo 1975-2019.

Variables	Banano-Mallares	Cacao - Morropón	Maíz Amiláceo -Sausal de Culucan	Papa-Huancabamba	Café-Huarmaca
Tmax-ENE	**0.567** **	**0.352** **	-0.248	0.163	0.013
Tmax-FEB	**0.665** **	**0.297** **	**-0.301** **	-0.150	-0.023
Tmax-MAR	**0.663** **	0.158	-0.201	-0.201	-0.105
Tmax-ABR	**0.615** **	0.088	-0.192	-0.049	-0.193
Tmax-MAY	**0.528** **	**0.259** *	-0.140	-0.082	-0.221
Tmax-JUN	**0.358** **	0.163	-0.151	**0.294** *	0.063
Tmax-JUL	**0.344** **	0.004	-0.093	0.238	0.022
Tmax-AGO	**0.387** **	-0.144	-0.216	**0.336** **	-0.096
Tmax-SET	**0.334** **	-0.211	-0.021	0.176	-0.218
Tmax-OCT	0.203	-0.074	-0.009	0.121	**-0.316** **
Tmax-NOV	**0.353** **	-0.181	-0.159	**-0.305** **	-0.224
Tmax-DIC	**0.326** **	-0.238	0.103	-0.239	-0.227

***p<0.05; *p<0.1*

Elaboración: Correa, H. y Suarez, M (2020)

Tabla 7.3 Piura: Correlaciones parciales entre el rendimiento agrícola y la temperatura mínima durante el periodo 1975-2019.

Variables	Banano-Mallares	Cacao-Morropón	Maíz Amiláceo -Sausal de Culucan	Papa-Huancabamba	Café-Huarmaca
Tmin-ENE	-0.087	-0.130	-0.161	0.141	-0.204
Tmin-FEB	-0.147	0.045	**-0.289** *	**0.476** **	-0.155
Tmin-MAR	-0.027	0.126	**-0.291** *	0.219	-0.090
Tmin-ABR	-0.164	0.048	**-0.459** **	0.203	**-0.329** **
Tmin-MAY	-0.023	0.160	**-0.266** *	0.077	-0.134
Tmin-JUN	0.088	0.065	**-0.270** *	0.100	-0.090
Tmin-JUL	-0.008	-0.104	**-0.313** **	0.173	-0.192
Tmin-AGO	0.094	-0.042	**-0.350** **	**0.262** *	-0.244
Tmin-SET	0.152	0.074	**-0.383** **	0.178	**-0.272** *
Tmin-OCT	0.012	0.048	**-0.339** **	0.124	**-0.363** **
Tmin-NOV	-0.014	0.105	-0.082	0.097	**-0.310** **
Tmin-DIC	-0.079	0.115	-0.082	0.001	-0.105

***p<0.05; *p<0.1*

Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

Tabla 7.4 Piura: Correlaciones parciales entre el rendimiento agrícola y las precipitaciones durante el periodo 1975-2019.

Variables	Banano-Mallares	Cacao-Morropón	Maíz Amiláceo -Sausal de Culucan	Papa-Huancabamba	Café-Huarmaca
Prec-ENE	**-0.319** **	-0.066	-0.079	0.001	-0.065
Prec-FEB	-0.220	-0.244	-0.133	0.102	-0.065
Prec-MAR	**-0.313** **	-0.239	-0.147	0.144	-0.018
Prec-ABR	**-0.357** **	-0.070	-0.069	0.235	0.002
Prec-MAY	**-0.310** **	-0.021	**-0.294** *	0.129	0.168
Prec-JUN	-0.101	-0.034	0.133	0.144	0.132
Prec-JUL	-0.206	0.019	-0.181	0.027	0.164
Prec-AGO	**-0.258** *	0.150	0.106	-0.189	0.049
Prec-SET	**-0.278** *	-0.014	-0.067	0.132	0.025
Prec-OCT	0.003	-0.137	**-0.271** *	-0.054	-0.019
Prec-NOV	0.129	-0.121	-0.117	0.099	**-0.258** *
Prec-DIC	**0.250** *	-0.097	-0.231	-0.001	0.230

***p<0.05; *p<0.1*

Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

Tabla 7.5 Piura: Valor Bruto de la Producción agrícola de los principales cultivos 2016-2019

PRODUCTO	2019			2018			2017			2016			VAR 2016-2017 VBP %	VAR 2017-2018 VBP %	VAR 2018-2019 VBP %
	VBP (Millones de S/ 2007)	% PART VBP	PRODUCCIÓN (t)	VBP (Millones de S/ 2007)	% PART VBP	PRODUCCIÓN (t)	VBP (Millones de S/ 2007)	% PART VBP	PRODUCCIÓN (t)	VBP (Millones de S/ 2007)	% PART VBP	PRODUCCIÓN (t)			
ARROZ	258,4	23,3 %	316.415,00	331.5	34,5 %	405.920,00	226.7	28.10%	277,544.00	420.1	31.90%	514,422.00	-46.00%	46.2%	-22.0%
UVA	239,4	21,6 %	167.983,00	129.1	13,5 %	90.609,00	154.7	19.20%	108,577.00	375.7	28.60%	263,620.00	-58.80%	-16.5%	85.4%
MANGO	149,5	13,5 %	275.320,00	93	9,7 %	171.331,00	95.9	11.90%	176,675.00	91.3	6.90%	168,066.00	5.10%	-3.0%	60.7%
PLATANO	118,0	10,6 %	348.391,00	96.9	10,1 %	286.145,00	63.3	7.80%	186,768.50	84.4	6.40%	249,193.00	-25.10%	53.1%	21.8%
LIMON	69,3	6,2 %	160.330,00	55.3	5,8 %	127.822,90	22.4	2.80%	51,727.00	61	4.60%	141,202.00	-63.40%	146.9%	25.4%
CAÑA DE AZUCAR (PARA ETANOL)	65,7	5,9 %	887.824,76	44.2	4,6 %	597.490,00	66	8.20%	890,842.00	82.8	6.30%	1,118,549.00	-20.40%	-33.0%	48.6%
MAIZ AMARILLO DURO	30,9	2,8 %	47.034,00	22	2,3 %	33.435,00	33.8	4.20%	51,545.00	37.2	2.80%	56,705.00	-9.10%	-34.9%	40.7%
CAFE	22,4	2,0 %	4.678,53	17.5	1,8 %	3.660,00	19.4	2.40%	4,050.00	14.6	1.10%	3,044.00	33.00%	-9.8%	27.8%
MAIZ AMILACEO	17,9	1,6 %	14.814,00	19.3	2,0 %	15.998,00	19.2	2.40%	15,887.00	18.2	1.40%	15,080.00	5.40%	0.5%	-7.4%
ALGODON	16,4	1,5 %	6.417,00	8	0,8 %	3.143,00	3.8	0.50%	1,503.00	3.1	0.20%	1,197.00	25.60%	110.5%	104.2%
CAÑA DE AZUCAR (PARA AZUCAR)	14,6	1,3 %	248.649,94	23.7	2,5 %	402.918,81									-38.3%
FRIJOL CAUPI GRANO SECO	10,8	1,0 %	7.481,00	4	0,4 %	2.768,00	12.3	1.50%	8,493.00	15.6	1.20%	10,774.00	-21.20%	-67.5%	170.3%
PAPA	9,2	0,8 %	20.358,00	6.1	0,6 %	13.550,00	7.4	0.90%	16,458.00	5.5	0.40%	12,124.00	35.70%	-17.6%	50.2%
PAPRIKA	8,2	0,7 %	1.345,00	18.2	1,9 %	2.965,00	5.9	0.70%	960.00	15.7	1.20%	2,566.00	-62.60%	208.5%	-54.6%
FRIJOL GRANO SECO	8,0	0,7 %	3.991,00	9.4	1,0 %	4.667,00	10.1	1.30%	5,019.00	8.5	0.60%	4,235.00	18.50%	-6.9%	-14.5%
TRIGO	7,4	0,7 %	9.017,00	9.1	0,9 %	11.126,00	9.3	1.10%	11,331.00	11.9	0.90%	14,490.00	-21.80%	-2.2%	-19.0%
PALTA	6,8	0,6 %	5.788,00	9.3	1,0 %	7.911,00	9.6	1.20%	8,212.00	8.1	0.60%	6,874.00	19.50%	-3.1%	-26.8%
MARACUYA	5,8	0,5 %	8.931,00	2.2	0,2 %	3.358,00									166.0%
CAÑA DE AZUCAR (PARA ALCOHOL)	5,5	0,5 %	74.039,00	5.9	0,6 %	79.513,00	5.8	0.70%	77,770.00	5.9	0.50%	80,362.00	-3.20%	1.7%	-6.9%
CACAO	5,3	0,5 %	1.057,00	4.9	0,5 %	981,00	2.4	0.30%	483.00	3.2	0.20%	632.00	-23.60%	104.2%	7.7%
CAMOTE	4,8	0,4 %	10.881,00	2.6	0,3 %	5.994,00	5.1	0.60%	11,531.00	6.8	0.50%	15,603.00	-26.10%	-49.0%	81.5%
ARVEJA GRANO SECO	4,6	0,4 %	3.230,00	3.9	0,4 %	2.741,00	5.3	0.70%	3,687.00	5.9	0.40%	4,104.00	-10.20%	-26.4%	17.8%
SANDIA	3,6	0,3 %	9.559,00	3.8	0,4 %	10.210,00	1.8	0.20%	4,881.00	5.5	0.40%	14,736.00	-66.90%	111.1%	-6.4%
PASTO ELEFANTE	3,1	0,3 %	70.599,00	3.2	0,3 %	72.763,00	3.3	0.40%	76,976.00	4.5	0.30%	104,064.00	-26.00%	-3.0%	-3.0%
CEBOLLA	2,3	0,2 %	4.280,00	1.2	0,1 %	2.281,00	1.7	0.20%	3,038.00	3.5	0.30%	6,334.00	-52.00%	-29.4%	87.6%
CHIRIMOYA	2,2	0,2 %	1.672,00	1.6	0,2 %	1.247,00	2.5	0.30%	1,923.00	2.2	0.20%	1,672.00	15.00%	-36.0%	34.1%
Total	1109,0	100,0 %	2.746.232,94	959.6	100,0 %	2.400.963,05	806.1	100.00%	2,026,855.77	1315.8	100.00%	2,848,163.74	-38.70%	19.0%	15.6%

Fuente: MIDAGRI (s.f.). Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

7.2. Formulación del problema

De lo anteriormente presentado, es evidente que las condiciones de cambio climático se manifiestan, principalmente, en el aumento de las temperaturas, la dinámica de precipitaciones y los recurrentes Fenómenos de El Niño, y en el caso particular de nuestra región, un mayor riesgo por su nivel de exposición y vulnerabilidad asociada a la diversidad de climas y la particularidad de sus territorios. Además, el potencial agroexportador, así como su dependencia de la agricultura en las zonas altoandinas, genera preocupación ante los potenciales impactos del cambio climático, tanto aquellos productos de especial interés para agroexportación, como cultivos de importancia para seguridad alimentaria local, regional y nacional.

En tal sentido, es pertinente desarrollar líneas de investigación que se orienten a dar respuesta a las siguientes preguntas y otras preocupaciones asociadas a la problemática descrita: ¿En qué medida y bajo qué condiciones el cambio climático afecta la producción agrícola orientada a la alimentación, industria y agroexportación en la región Piura en el periodo 1975-2019?; lo que implica también, determinar si ¿los efectos son diferenciados en función al tipo de cultivo y las características geográficas del territorio?, ¿en qué medida, el cambio climático afecta la competitividad regional, en términos de su capacidad exportadora? Y, además, ¿existe un mayor nivel de vulnerabilidad del sector agrícola en territorios rurales y de sierra ante la presencia del cambio climático, debilitando la base productiva, seguridad alimentaria y las condiciones de bienestar de la población?

7.3. Objetivo

El presente trabajo analiza las condiciones de cambio climático en la región y los potenciales impactos sobre la producción agrícola, distinguiéndose entre aquellos que afectarían la competitividad regional vía la oferta agroexportable, así como también los riesgos sobre la seguridad alimentaria de la región y del país, explicados por el comportamiento de la productividad en cultivos materia de análisis, durante el periodo 1975-2019.

7.4. Importancia y alcance

Es de destacar en base al diagnóstico realizado, que el cambio climático en relación al aspecto económico reviste particular importancia, por cuanto tiene implicancias sobre la producción, empleo e ingresos, especialmente en los sectores de

mayor vulnerabilidad, como la agricultura, de relevancia para la región por el dinamismo de las agroexportaciones y su capacidad generadora de empleo, que finalmente repercute sobre las condiciones de vida de la población.

En estas condiciones el territorio piurano se encuentra expuesto a los impactos producto de la variabilidad y cambio climático, y que exige de un mayor interés y compromiso por abordar estos temas, en la medida que se han evidenciado devastadores eventos climáticos asociados al FEN, principalmente los acontecidos en 1983, 1998 y 2017, que además de las lamentables pérdidas humanas, tambien ha significado una descapitalización de la región, particularmente, en los sectores más vulnerables y de menor capacidad de respuesta como es la pequeña agricultura..

La cartera de cultivos con mercado de que dispone Piura es de más de 60 cultivos, donde se destaca la incorporación en las dos últimas décadas de la caña de azúcar para etanol, la uva, arándanos más recientemente, que constituyen ya el grueso de las exportaciones agrícolas regionales. Asimismo, se tienen cultivos de importancia en el valor de la producción agrícola nacional como la caña de azúcar (12.5 %), el limón (6.9 %) y el mango (6.8 %), además de ser el segundo productor de arroz; en ese sentido, los potenciales impactos en el sector, no solo afectaría la escala regional, sino que constituye un riesgo para la seguridad alimentaria del país y del mundo.

7.5. Limitaciones del diagnóstico

Las principales limitaciones están en fortalecer un sistema de monitoreo sobre los cultivos de la región, dada la escasa información al respecto y la falta de financiamiento para generación de la misma. Ello requiere un despliegue importante de trabajo de campo en valles andinos y costeros, no solo de forma agregada sino a escalas de menor dimensión espacial y temporal (meses, trimestres y años); además, asegurar la continuidad de las mismas y los canales de su difusión al productor y la academia.

Asimismo, también existen vacíos de información climática, por el corte de información en estaciones que al parecer están abandonadas o no repuestas, en áreas de producción importante, como son los valles de San Lorenzo, Tambogrande y de la zona andina donde la topografía y relieve exigen una mayor disponibilidad de estaciones hidrometereológicas.

De otra parte, aun es incipiente el desarrollo de estadísticas complementarias a nivel distrital, en la dimensión económica y social, como nivel de ingresos, financiamiento, empleo, salud, educación, infraestructura, entre otros, lo que limita controlar los efectos de dichas variables de los potenciales impactos de la variabilidad

y cambio climático en la región. En la medida que se disponga de información en las características señaladas permitirá un análisis de mayor profundidad, y con ello mejores implicancias de política.

7.6. ASPECTOS TÉCNICOS

7.6.1 Antecedentes

La revisión de la literatura en el plano internacional, en lo específico para América Latina y el Caribe, muestra que los cambios en temperatura y precipitación, pueden tener impactos importantes en la producción agrícola, principalmente sobre los frutales y los cereales, en mayor medida en presencia de eventos climáticos extremos (López-Feldman et al., 2018; López, 2015 y Ordaz *et al.,* 2010).

En la subregión del Caribe al 2050, los impactos esperados del cambio climático agregados para todos los cultivos representan una caída del 7 % respecto a la producción promedio del período 1961-2014, siendo los frutales los más afectados (-24.32 %). Sin embargo, se advierte que el comportamiento de la temperatura y precipitaciones no afectarán de manera similar en todos los espacios ni cultivos, donde se reconoce una mayor vulnerabilidad en Dominica (López-Feldman, Torres & Kerrigan, 2018).

Asimismo, considerando el peso de las actividades agrícolas en la región, se esperan efectos indirectos en las economías analizadas, sobre el bienestar social en términos de empleo, ingresos, seguridad alimentaria y pobreza, y también sobre el medio ambiente. En ese sentido, en el largo plazo 2050-2100 se esperarían perdidas entre el 2 % y 12 % del PBI (100=2007), en función de la severidad de las variaciones climatológicas (López-Feldman *et al.,* 2018; López, 2015 y Ordaz *et al.,* 2010).

En la escala nacional destaca el trabajo del SENAMHI (2015) en el marco del proyecto AMICAF, donde se concluye que existen impactos diferenciados del cambio climático en función a los cultivos y regiones analizadas; explicado en parte, por la complejidad de los territorios, las variaciones edáficas, climáticas, tecnológicas y culturales propias de los sistemas de producción.

En tal sentido, para la costa las temperaturas extremas son las variables que más influyen en el rendimiento de los cultivos, mientras que en los espacios de sierra lo son las precipitaciones y las componentes del balance hídrico. Dicho estudio revela impactos negativos para cultivos como el arroz en las regiones de La Libertad y Loreto, la papa en Lima, Ica y Tacna; así como del café en Madre de Dios. Además, se proyectan impactos negativos en la sierra, que se manifestarían en un menor rendimiento de sus principales

cultivos como papa, haba, arveja, cebada, maíz amiláceo, trigo y frijol, principalmente en la región de Ayacucho.

De otra parte, Orihuela Romero (2014) sobre una muestra representativa de cultivos permanentes, como el mango, palta, naranja, limón y cacao, encuentra que sus rendimientos se encuentran explicados de forma significativa por la temperatura, y en menor medida por la precipitación. Además, con proyecciones para el periodo 2011-2050, se estiman pérdidas hasta el 3.36 % del PBI para el caso de la palta, y del 2.24 % y 2.13 % en los cultivos de mango y cacao respectivamente; mientras que, se estiman leves ganancias en el caso del limón (<0.13 % del PBI).

Además, también existen efectos negativos a nivel microeconómico, en términos de ingresos de los productores agropecuarios, como se sostiene en Galindo *et al.,* (2015); cuyas proyecciones al 2070 estiman una caída en los ingresos condicionales entre el 8 % y 13 %, en mayor medida para los productores de arroz y el café.

En el caso particular de Piura, destacan los trabajos de Torres (2010) y Távara (2020). En el primero, sobre la base de los principales cultivos de exportación como el mango, limón, plátano y café, se concluye una capacidad explicativa de las variables climáticas de más del 50 % sobre el rendimiento; además, se cuantifica que las pérdidas en el rendimiento de los cultivos al 2030 serán de 7.48 % y 38.5 % para el mango y plátano respectivamente, mientras que se estiman incrementos en el rendimiento del café (41.1 %) y el limón (<52.74 %). Entre tanto, Távara (2020) se centra en el estudio específico del plátano en el valle del Chira (Mallares), donde señala que, si bien la región Piura es apropiada para el cultivo de banano, su rendimiento se vería afectado por temperaturas mayores a 34 °C y menores de 18 °C; y también por precipitaciones de gran intensidad, tal como en los periodos del Fenómeno del Niño.

7.6.2. Bases teóricas

7.6.2.1. El Cambio climático

El sistema climático es extremadamente complejo e interactivo, involucra un conjunto de propiedades (estáticas, térmicas, acuosas, cinéticas, etc.) y procesos de naturaleza física, química y biológica que ocurren entre diversos componentes: atmósfera, biósfera, hidrosfera, criósfera y litosfera (Gettelman y Rood, 2016; PNUMA, 2012; OMM, 2011; Baede, 2001; Marín, 1990).

La complejidad del sistema está asociada a que dichos procesos interactúan a determinadas escalas; microescala (zonas pequeñas), mesoescala (región de extensión

limitada) y macroescala (vastas zonas geográficas, continentes y el mundo entero), en diferentes subsistemas y niveles de organización. Además de la interacción entre los componentes del sistema se determinan las características del clima y los efectos de este sobre los seres vivos y la especie humana, en particular (Useros, 2013 y OMM, 2011).

La escala temporal (intervalo de tiempo) es de importancia en el estudio del clima, y puede oscilar desde minutos y horas, hasta decenios, siglos e incluso períodos más largos. En las actividades del sector agrícola las manifestaciones del clima durante una hora o un día son importantes para el control de pesticidas, el control del consumo de energía y el seguimiento de los periodos críticos del desarrollo de los cultivos. Asimismo, las características observadas durante meses o años permiten planificar la distribución de los cultivos que pueden plantarse o la disponibilidad de agua y alimentos (OMM, 2011).

En el caso de períodos más largos que se extienden hasta decenios y siglos son importantes para los estudios de la variación del clima y cambio climático, como consecuencia de factores de diversa naturaleza como son la radiación solar, latitud geográfica, la altitud, la distancia al mar, las orientaciones del relieve terrestre respecto al sol, la dirección de los vientos, las corrientes oceánicas e indudablemente por las actividades del hombre y las fuerzas motrices asociadas (Garea, 2014; Useros, 2013; PNUMA, 2012; OMM, 2011; Duarte *et al*., 2006).

Además, la intensidad de las variaciones y cambio climático está condicionada a la existencia de sistemas o mecanismos de retroalimentación (*feed-back*) que, de ser positivos, amplifican y, de ser negativos, los mitigan. Entre ellos se encuentran el *efecto Albedo* y el *efecto de sumidero de carbónico* (Useros, 2013 y PNUMA, 2012).

Aquellas propiedades o condiciones de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del clima, en un lugar y período determinado, se les conoce como elementos climáticos, tales como: la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, el brillo solar y la nubosidad; los mismos que, evaluados en términos cuantitativos se denominan variables climatológicas (IICA, 2013 y Pabón *et al*., 2001).

Generalmente los conceptos de tiempo y clima se usan de forma indistinta, dado que ambos hacen referencia al estado de la atmósfera en contacto con la superficie terrestre; sin embargo, al tiempo se le otorga un carácter instantáneo y particular, como horas, días o semanas, mientras que al clima, se le asigna un valor permanente, fijado estadísticamente por los valores medios en un período sufiientemente amplio de una determinada variable, lo que se encuentra asociado con la denominada normal

climatológica y que, según la reglamentación internacional y nacional, se estima para un periodo de 30 años (Garea, 2014; Pabón et al., 2001; Marín, 1990).

El clima presenta una variabilidad intrínseca debido a procesos internos naturales del sistema climático, y una variabilidad externa como consecuencia de las dinámicas en las fuerzas externas o antropogénicas. Sin embargo, cuando las variaciones (respecto a sus propiedades o valores medios) persisten durante un periodo prolongado (décadas) se dice que se está en presencia de un cambio climático (Garea, 2014; Useros, 2013; IICA, 2013; Pabón *et al.,* 2001).

Las manifestaciones de cambio climático registradas en los últimos años en la escala global como para el caso específico de América Latina y el Caribe son: incrementos generalizados en la temperatura (oceánica y atmosférica), cambios en los patrones de precipitaciones y una mayor ocurrencia de eventos extremos (IICA, 2013 y Useros, 2013).

Asimismo, los impactos producidos por dichas manifestaciones son generalizados y sustanciales, afectado a los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos. Sin embargo, la magnitud de dichos impactos es diferenciado entre las diversas regiones del mundo en función a su vulnerabilidad (MAGRAMA, 2014; IICA, 2013).

La vulnerabilidad de un determinado sistema es multidimensional y se encuentra asociada a: i) la exposición a eventos climáticos, y se caracteriza por la frecuencia, duración y extensión de los mismos; ii) la sensibilidad, que es el grado en el un sistema es potencialmente modificado o afectado negativa o positivamente por estímulos relacionados con el clima y; iii) la capacidad adaptativa, es decir, la capacidad para responder a los riesgos del cambio climático, y que incluye la disponibilidad de recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación (IICA, 2013; Monterroso *et al.,* 2012; BID, 2010).

Los impactos más evidentes se manifiestan en los sistemas naturales, incluyendo: i) la criósfera, con la reducción de los glaciares; ii) los recursos hídricos, dada la probabilidad de una menor disponibilidad de agua en los acuíferos, principalmente por los cambios en las dinámicas de precipitaciones, y además, la calidad de la misma por las alteraciones en la estabilidad térmica; y iii) los sistemas costeros y los ecosistemas terrestres y marinos, a través de la expansión o contracción del área que ocupan, alteraciones en la fenología y variaciones en la producción primaria (MAGRAMA, 2014 y BID, 2010).

Asimismo, también existe evidencia sustancial de la sensibilidad de los sistemas humanos al cambio climático, principalmente en la actividad y productividad primaria, la salud y las condiciones de vida. Además, es necesario reconocer que dichos impactos generalmente se encuentran condicionados por los efectos de otros cambios sociales y económicos (Dellink, Lanzi, & Chateau, 2019; MAGRAMA, 2014; BID, 2010).

7.6.2.2 La agricultura y el cambio climático

La producción agrícola puede ser analizada desde los modelos de crecimiento económico, donde lo factores primarios son el trabajo (L) y la tierra (R). Además, el capital (K) se asume como el factor potenciador de ellos vía dos mecanismos: i) productividad de la tierra, mediante las inversiones en proyectos en biología, química o modernas técnicas de cultivo (Kr); y ii) productividad del trabajo, mediante inversiones en maquinaria o capital físico (Kl). Lo que matemáticamente se puede expresar según los aportes de Cepas y Dios (1999), Lema (1995) e Yver y Corbo (1967), mediante la siguiente función:

$$Y = f(Kr, Kl, L, R) \dots (1)$$

Los modelos de esta naturaleza parten del supuesto que el tomador de decisiones conoce con certeza la función y tecnología de producción y, además, los factores no considerados en (1) se asumen que permanecen constantes (*ceteris paribus*). Sin embargo, la agricultura debe reconocerse como un sistema ecológico social dinámico de producción, que depende de un flujo complejo de recursos regulados por procesos internos, y las interacciones entre elementos de naturaleza ecológica, social y económica del sistema que existen y funcionan condicionados por múltiples escalas de espacio (microescala, mesoescala y macroescala), tiempo y organización social (Walthall *et al*., 2013; Debertin, 2012; Adams *et al.,* 1998).

En ese sentido, en agricultura existen condiciones ambientales complejas e inciertas, que no solo afectan el rendimiento de los cultivos, sino la forma en que se asignan y se disponen los factores de producción (Debertin, 2012; Adams *et al.,* 1998). Esta primera consideración se recoge en el enfoque agroecológico, como los modelos AquaCrop y DSSAT, donde se analiza el rendimiento de los cultivos en función a un conjunto de variables ambientales y de manejo, tales como la disponibilidad de agua, el clima, las condiciones de suelo, tipo de cultivos, y las prácticas de manejo (Steduto, et al., 2012; Flores-Gallardo *et al*., 2013; Steduto *et al*., 2009).

El enfoque agroecológico sostiene que la producción de los cultivos está relacionada con la tasa de desarrollo de los procesos fisiológicos que ocurren en la planta, los cuales dependen en gran medida de las condiciones ambientales existentes y variables. Es por ello, la importancia dada a las variables climatológicas, como el caso de la temperatura por su incidencia en el desarrollo de los cultivos, afectado la acumulación de biomasa y el proceso de polinización en presencia de temperaturas extremas (máximas o mínimas); mientras que las condiciones de riego, la dinámica de precipitaciones y la evapotranspiración, son aspectos determinantes del balance de agua de la zona radicular del suelo y del estrés hídrico (Steduto *et al.,* 2012; Flores-Gallardo *et al*., 2013; Steduto *et al*., 2009).

Por su parte, el enfoque estructural toma en la multidimensional en la agricultura, al incluir además de las variables agronómicas y atmosféricas, un conjunto de factores de contexto geopolítico y socioeconómico, dado que estos últimos condicionan la vulnerabilidad ante eventos de variabilidad y cambio climático, e influyen sobre la productividad de los factores (Molua & Lambi, 2007; Hazell & Wood, 2008 y UNFCCC, 2012).

Asimismo, dado que en agricultura el proceso de producción no se desarrolla de forma inmediata, sino que se tarda meses hasta el período de cosecha, incluso años en el caso de los cultivos permanentes (rezago biológico), entonces el agricultor debe tomar decisiones de producción con limitada o imperfecta información respecto al precio al que se venderá su cultivo, sumándose a ello la incertidumbre en el costo futuro de la materia prima, tales como: combustible, fertilizantes y semillas (Debertin, 2012).

7.7. HIPÓTESIS Y VARIABLES

7.7.1 Hipótesis

De la muestra de estaciones consideradas es estable una primera aproximación sobre las condiciones de cambio climático, al incremento de las temperaturas del mar y atmosféricas, reconociéndose comportamientos diferenciados entre la máxima y la mínima, entre los períodos analizados (intra e interanual), así como entre los territorios de referencia y su nivel de altitud; además, se suma la intensificación de las precipitaciones ante eventos de FEN fuertes y extraordinarios, asociados potencialmente a incrementos en la temperatura del mar. En tal sentido, dada la vulnerabilidad del sector agrícola y de nuestra región, ante variables y eventos de esta naturaleza, que se reconoce desde lo teórico como de la evidencia revisada, es probable que la producción y productividad agrícola en la región esté siendo afectada en durante el periodo 1975-2019.

Además, se reconoce que la heterogeneidad en el interior de la región, desde lo geográfico, social y económico, condicionarían la amplitud de los efectos, distinguiéndose la particularidad entre la agricultura de costa y de sierra, la orientación de mercado de su producción (local o internacional) y sus sistemas y medios de producción, lo que impactaría no solo directamente sobre el bienestar de la población, en términos de ingresos y seguridad alimentaria, sino que también limitaría la competitividad regional ante el debilitamiento de la capacidad agroexportadora.

Tabla 7.6 Operacionalización de las principales variables del diagnóstico.

	VARIABLE		UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE
DEPENDIENTE: Y	CARTERA AGRÍCOLA	Valor agregado bruto de la producción agropecuaria	Soles del 2007	INEI - BCRP
		Exportaciones agropecuarias	Dólares	INEI - BCRP
		Producción de los principales cultivos exportables	Toneladas	MINAGRI - INEI - BCRP
		Rendimiento de los principales cultivos exportables	Kilogramo por hectárea cosechada	MINAGRI - INEI - BCRP
INDEPENDIENTE: X	CAMBIO CLIMÁTICO	Temperatura superficial del mar	° C	IMARPE
		Temperatura atmosférica mínima	° C	SENAMHI
		Temperatura atmosférica máxima	° C	SENAMHI
		Precipitación máxima mensual	mm	SENAMHI
		Precipitación acumulada	mm	SENAMHI

Elaboración: Correa, H. y Suarez, M. (2020)

7.8. METODOLOGÍA

7.8.1. Tipos de investigación

El enfoque utilizado en el presente diagnóstico es cuantitativo, de tipo descriptivo-exploratorio y correlacional**.** Descriptivo-exploratorio en la medida que a través de datos de series de tiempo, tanto de variables climáticas como de producción, se intenta determinar comportamientos asociados al sector agrícola y las condiciones de cambio climático en la región Piura; y también exploratorio, por la escasa evidencia empírica al respecto, y en ese sentido, constituye un gran esfuerzo, desde el plano regional, identificar los potenciales impactos del cambio climático sobre la agricultura

a través de un análisis de correlación de las variables sujetas de análisis, de esta manera se tenga una mejor comprensión de realidad y problemática asociada, y que constituya una línea base para posteriores estudios de mayor complejidad a partir de los resultados que se deriven.

7.8.2. Diseño de la investigación.

Dados los propósitos del diagnóstico se consideran dos niveles de análisis para abordar la problemática:

i) Revisión del marco teórico y la evidencia empírica asociada al tema de interés, con la finalidad de identificar las variables pertinentes con énfasis a las condiciones propias de nuestra economía y región. En ese sentido, se parte del siguiente modelo teórico:

$$Y = f(X, Z)$$

Donde: Y corresponde a la variable dependiente asociada a la dinámica del sector agrícola regional, medida en términos de rendimiento y producción por cultivo. Por su parte, X, constituye un vector de indicadores de cambio climático, entre ellos temperatura (marina y atmosférica), precipitación y Fenómeno del Niño. Además, se incluyen un conjunto de variables de control (Z) propias de la función agrícola como las condiciones de suelo, tipo de cultivos, prácticas de manejo, infraestructura y condiciones de mercado, según disponibilidad de información.

ii) Análisis de datos: de tipo descriptivo-correlacional, con la finalidad de identificar y evidenciar la existencia de condiciones de cambio climático en la región a través de análisis de tendencias y estadísticas resumen (tendencia central y dispersión) tomando como referencia una normal climatológica para el periodo 1980-2009, posteriormente, se determina el sentido de la correlación (positiva o negativa) entre los indicadores de cambio climático y las variables productivas, identificando los mecanismos de transmisión de los impactos y; en consecuencia, formular las preguntas e hipótesis de investigación. Dicho análisis fue posible a partir del procesamiento de información en R-climdex, R-Studio, Eviews 10, ArcGis 10.8 y Microsoft Excel.

7.8.3. Población y muestra.

Los datos utilizados corresponden a series de tiempo, por tanto, una realización del proceso estocástico, en principio infinito, pero que dada la limitación de información se segmenta en un período determinado (Gonzales, 2009), en este caso observados para el periodo 1975-2019.

Asimismo, para seleccionar la muestra de cultivos, se siguen criterios del Plan Nacional de Cultivo 2019-2020 (MIDAGRI, 2019), entre ellos en función a sus potencialidades, distribución espacial, al mercado nacional e internacional, así como, a la seguridad alimentaria y nutricional del país.

En ese sentido, de los 10 cultivos priorizados para Piura se han considerado por disponibilidad de información tres de ellos como el banano, café y cacao; además, se incluye la papa y el maíz amiláceo, dado que se constituyen productos de satisfacción directa de las necesidades de alimentación de los territorios altoandinos. En conjunto, los 05 cultivos seleccionados significaron 172.8 millones de soles reales (15.5 % del VBP Agrícola de Piura).

Asimismo, en función a dichos cultivos se determinó cinco estaciones referenciales, bajo el criterio de una distancia de 30 km de las principales zonas agrícolas con el fin de tener un nivel de confiabilidad de la información climática, dado que se considera que a dicha distancia existe un 90 % de probabilidad de que la información sea relativamente igual en condiciones de terreno similar (Camargo & Hubbard, 1999 y Velasco et al., 2015). En tal sentido, se seleccionó La Esperanza y Mallares en la cuenca del Chira; Morropón en la del Piura, así como Huancabamba y Huarmaca en la cuenca Huancabamba (Figura 7.13).

7.8.4. Datos.

La información estadística utilizada en el análisis para el período 1975-2019 procede de fuentes secundarias del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) para el caso de las variables de producción, rendimiento (kg/ha) y precios de chacra; y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Instituto del Mar Peruano (IMARPE) respecto a las variables climáticas temperatura y precipitaciones.

Es necesario precisar que la información climática del SENAMHI y ANA fue recuperada a una periodicidad diaria con lo que fue necesaria procesarla

para obtener indicadores mensuales por año, de forma que sea posible ser correlacionada con la data anual del MIDAGRI, procedimiento que desarrollado a partir de herramientas estadísticas de control de calidad y procesamiento de datos climáticos como el R-climdex.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones de cambio climático en la escala global se vienen agudizando en, manifestándose en incrementos en la temperatura en una magnitud de 1.5 ºC entre 1961-2020 respecto a las condiciones climáticas normales (1951-1980) según datos de la FAO; además del cambio en los patrones de precipitaciones, incremento del nivel del mar y el decrecimiento de los volúmenes de hielo, constituyendo en conjunto un grave riesgo sobre los sistemas humanos, los sectores productivos más vulnerables como la agricultura y pesca, y en general en las condiciones de vida en el planeta.
2. En el caso peruano el incremento en su temperatura también se ubica alrededor de 1.5 ºC, sin embargo, por su ubicación en la denominada ***región andina*** (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) se encuentra en amenaza constante por una mayor probabilidad de ocurrencia del Niño Oscilación del Sur (FEN), el mismo que cada vez es de mayor intensidad, impactando considerablemente sobre las costas del norte del país.
3. En este escenario se encuentra Piura, cuyo territorio ha estado expuesto a eventos del FEN como los ocurridos en 1983, 1998 y 2017, de intensidad fuerte a extraordinaria, lo que ha estado correlacionado con incrementos en la Temperatura superfiial del mar (TSM> 0.5 ºC), tanto de la región Niño 1+2 como en la estación de Paita, constituyendo un riesgo latente de las condiciones climáticas en la región.
4. La región Piura se caracteriza por su diversidad climática en Piura, al definirse un total de 11 climas de los 38 que tiene el país, lo que implica que las condiciones de variabilidad y cambio climático tengan manifestaciones diferenciadas sobre los territorios, sumándose a ello la particularidad de la estructura productiva y el nivel de vulnerabilidad en cada uno de ellos. En ese sentido, en el caso de la Tmin, aquellas estaciones ubicadas a mayor altitud como Huancabamba (1 959 m s. n. m.)

y Huarmaca (2 171 m s. n. m.) presentan una variación positiva para todos los meses del año; mientras que, en el caso de la Tmax, el incremento sostenido se evidencia para estaciones de menor altitud como sucede en las estaciones de Mallares (44 m s. n. m.) y Morropón (128 m s. n. m.).

5. De otra parte, de una muestra de cinco cultivos analizados, se tiene que en el período 1975-2019 cultivos de mayor importancia en territorios altoandinos como el café, cacao y maíz amiláceo presentan rendimientos negativos a tasas promedio anual del 1.1 %, 1.0 % y 0.3 % respectivamente; además, se registra una correlación negativa de la Tmin con los rendimientos del café y maíz amiláceo para todos los meses del año. Sin embargo, los dos cultivos restantes presentan una tendencia creciente de su rendimiento, como es el caso del banano (2.2 %) y la papa (0.2 %); siendo necesario advertir que, en el primer cultivo, registra correlaciones negativas con las precipitaciones, en mayor medida ante eventos de FEN extraordinarios y fuertes (1983, 1998, 2002 y 2017).

RECOMENDACIONES

Los hallazgos del diagnóstico realizado, muestran que resulta necesario realizar esfuerzos institucionales de investigación, con el apoyo de la cooperación privada, nacional e internacional, y la participación del Estado (Ministerio de Agricultura y Riego, Gobierno regional y Gobiernos Locales, las Universidades piuranas e Institutos tecnológicos y de investigación), además con miras a incorporar la tecnología que permita contrarrestar los efectos de la variabilidad climática, por piso ecológico, tamaño de la explotación o unidad de producción, a través de la provisión de semillas, plantones, mejora de la productividad y de la calidad de una producción orientada a fines de seguridad alimentaria, y de agroexportación.

Lo que implica que se debe abordar, entre otras, las principales líneas vinculadas a:

1. Mejorar niveles de producción, productividad y rentabilidad de los cultivos.
2. Desarrollo de infraestructura de almacenamiento de agua y de riego
3. Procesos de producción con mayor valor agregado, y que prioricen la absorción del empleo rural.
4. Mejorar formas asociativas de producción y empresarial, que neutralicen la escala de pequeña producción actual, la más vulnerable a las condiciones de cambio climático, dada la alta correlación negativa entre pobreza y agricultura minifundista.
5. Aprovechar mega tendencias en el comercio, que priorizan la alimentación saludable; así como las oportunidades del mercado internacional a través de los Tratados de Libre Comercio.
6. Organización de la producción y desarrollo de los mercados locales, incidiendo en la priorización de un sistema de lanificación agropecuaria, destacándose la prioridad de un sistema de información, desde lo local, regional vinculado a lo nacional, y ello a las demandas de los mercados nacionales e internacionales.

REFERENCIAS

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2012). *Materiales de capacitación del GCE sobre evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación.*

Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N. (1998). Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate research*.

Amat y León, C. (2008). *El cambio climático no tiene fronteras: impacto del cambio climático en la Comunidad Andina.*

Baede, A. P. (2001). The climate system: an overview. *Climate change 2001: the scientific basis*.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. (U. d. Climático, Ed.)

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)-Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2014). La economía del cambio climático en el Perú .

Camargo, M. B. ., & Hubbard, K. G. (1999). Spatial and temporal variability of daily weather variables in sub-humid and semi-arid areas of the united states high plains. Agricultural and Forest Meteorology, 93(2), 141–148. doi:10.1016/s0168-1923(98)00122-1

Cepas López, S., & Dios Palomares, R. (1999). Análisis de la función de producción agraria para distintos niveles de agregación . *Estudios de economía aplicada* .

Conde, C., & Saldaña, S. O. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y Desarrollo*.

Corporación Andina de Fomento (CAF). (2000). Fenómeno El Niño 1997-1998 Memoria, Retos y Soluciones.

Debertin, D. L. (2012). *Agricultural Production Economics.*

Dellink, R., Lanzi, E., & Chateau, J. (2019). The sectoral and regional economic consequences of climate change to 2060. *Environmental and resource economics*.

Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., . . Valladares, F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra.* Colección divulgación.

ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú.*

Flores-Gallardo, H., Ojeda-Bustamante, W., Flores-Magdaleno, H., Sifuentes-Ibarra, E., & Mejía-Saénz, E. (2013). Simulación del rendimiento de Maíz (Zea mays L.) en el norte de Sinaloa usando el modelo Aquacrop. *Agrociencia*.

Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., Carbonell, J. F., Reyes, O., & Sánchez, L. (2015). *Ocho tesis sobre el cambio climático y el desarrollo sostenible en América Latina.* CEPAL.

Galindo, L. M., Alatorre Bremont, J. E., & Reyes Martínez, O. (2015). Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú. El trimestre económico, 82(327), 489-519.

Garea, B. (2014). *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Bases Conceptuales para la Educación en Cuba.* Editorial Educación Cubana.

Gettelman, A., & Rood, R. (2016). Demystifying climate models: a users guide to earth system models. *Springer Nature*.

González Casimiro, M. P. (2009). Análisis de series temporales: Modelos ARIMA. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales Universidad del País Vasco (UPV-EHU)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad.*

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2015). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. .*

Hazell, P., & Wood, S. (2008). Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2013). Cambió el clima: herramienta para abordar la adaptación al cambio climático desde la extensión.

Lema , D. (1995). Acumulación de capital, tecnología y rendimientos crecientes en la producción agropecuaria.

Lobell, D. B., & Field , C. B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*.

Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon , W. P., & Naylor, R. L. (2008). Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *SCIENCE*.

López-Feldman, A., Torres, J. M., & Kerrigan, G. (2018). Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe. CEPAL.

López López, O. H. (2015). Efectos del cambio climático en el rendimiento del trigo, el maíz y el arroz en América Latina.

Marín, M. (1990). Normalidad y anomalía en la investigación climatológica actual. *Revista de geografia*.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). *Plan Nacional de Cultivo 2019-2020.*

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (MAGRAMA). (2014). Cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Guía resumida del Quinto informe de evaluación del IPCC. Grupo de trabajo II.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *El Perú y el cambio climático.*

Molua, E. L., & Lambi, C. M. (2007). *The economic impact of climate change on agriculture in Cameroon.*

Monterroso, A. I., Conde, A. C., Gay, C., Gómez Díaz, J. D., & López García, J. (2012). Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. *Asociación Española de Climatología*.

Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., Serna Hidalgo, B., & Ramírez, D. (2010). Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola).*

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). Guía de prácticas climatológicas.

Ortiz, R. (2012). *El cambio climático y la producción agrícola.* Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Pabón, J. D., Zea, J., León, G., Hurtado, G., González, C., & Montealegre, J. (2001). El Medio Ambiente en Colombia: La atmósfera, el tiempo y el clima. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Bogotá*.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2012). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial.*

Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua.*

Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal* .

Távara Hernández, M. P. (2021). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira–Sullana-Piura.

Torres, J., & Gómez, A. (2008). *Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes: experiencias de adaptación tecnológica en siete zonas rurales del Perú.* Soluciones Prácticas-ITDG.

Torres, J., Gómez, A., & Berrú, M. (2008). *Gestión de cuencas para enfrentar el cambio climático y el Fenómeno El Niño.* Soluciones Prácticas-ITDG.

Torres, L. (2010). Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región Piura-Perú. Caso: principales productos agroexportables. CIES. Piura.

Useros Fernández, J. L. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de la real academia de medicina y cirugía de Valladolid*.

Velasco Martínez, V. D., Flores García, F. G., González Cervantes, G., Flores Medina, M. D. J., & Moreno Casillas, H. A. (2015). Desarrollo y validación de una estación meteorológica automatizada de bajo costo dirigida a agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1253-1264.

Walthall, C. L., Anderson, C. J., Baumgard, L. H., Takle, E., & Wright-Morton, L. (2013). Climate change and agriculture in the United States: Effects and adaptation.

Yver, R., & Corbo, M. (1967). Estimación de la función de producción agrícola en la Zona del Maule-Norte. *Cuadernos de economía* .

Gligo, N., Alonso, G., Barkin, D., Brailovsky, A., Brzovic, F., Carrizosa, J., ... & Villamil, J. J. (2020). La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe.

Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe:¿ seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?.

SENAMHI. (2021). Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional.

Tello, M. D. (2017). La Productividad Total de Factores Agregada en el Perú. Nacional y Departamental. Libros no PUCP/Books other publishers.

ANEXO 1

DATA CLIMÁTICA EN LA REGIÓN PIURA (1975–2019)

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

LA ESPERANZA (7 m s. n. m.)

MALLARES (44 m s. n. m.)

HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.)

HUARMACA (2171 m s. n. m.)

SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.)

MORROPÓN (128 m s. n. m.)

MIRAFLORES (34 m s. n. m.)

PAITA

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología–SENAMHI
https://www.senamhi.gob.pe/servicios/main.php?dp=piura&p=pronostico

ANEXO 1.1
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN LA ESPERANZA
(1975 - 2019)

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	20.22	21.80	22.54	21.72	19.58	17.49	16.43	16.18	15.34	16.10	16.06	17.73
1976	21.39	22.59	22.88	21.78	21.12	20.41	18.88	18.87	17.89	17.71	19.23	20.87
1977	22.82	22.87	22.89	21.72	19.72	18.45	17.74	16.45	16.93	17.07	17.93	20.09
1978	20.95	22.94	22.11	21.23	19.45	17.14	17.06	16.24	16.59	16.61	18.85	19.97
1979	22.10	22.46	22.81	21.31	19.39	17.65	17.31	17.74	17.69	17.65	17.66	19.82
1980	21.97	22.47	22.84	22.24	20.21	18.64	17.65	16.68	16.76	17.72	18.24	19.64
1981	20.76	22.81	22.33	21.02	18.94	17.97	16.81	16.15	16.60	17.67	18.15	19.83
1982	21.07	22.13	21.28	20.38	19.75	19.16	18.90	17.80	18.41	20.49	22.14	24.04
1983	24.91	25.39	24.95	24.86	25.03	24.34	21.81	19.94	19.05	19.10	19.38	20.27
1984	20.60	22.99	22.50	21.57	19.05	18.59	17.47	16.75	17.24	18.01	17.69	20.14
1985	20.49	21.65	21.71	19.64	17.44	17.17	16.09	16.17	16.45	16.90	16.91	19.38
1986	22.14	22.19	21.06	21.43	19.02	16.87	16.95	17.95	17.02	17.58	19.35	20.54
1987	23.00	24.84	24.86	23.47	20.40	19.45	19.10	18.16	18.14	18.65	18.93	20.60
1988	22.00	23.34	20.89	20.92	19.99	16.78	15.95	15.51	16.32	16.66	18.28	19.16
1989	21.45	23.43	22.82	21.73	18.03	18.47	16.93	17.18	17.16	17.91	17.68	18.30
1990	21.05	22.56	22.40	21.38	20.62	18.54	17.12	16.18	16.69	17.66	18.12	19.51
1991	20.69	23.20	23.44	21.21	20.31	18.88	17.24	17.04	17.71	18.32	18.86	21.37
1992	23.16	24.07	24.98	24.23	22.92	19.84	17.19	16.81	17.49	17.84	18.61	19.79
1993	21.92	23.80	23.41	22.83	21.73	18.50	16.89	16.54	17.07	17.68	18.31	20.63
1994	21.73	23.17	22.59	21.93	20.10	18.44	17.16	16.92	17.41	18.34	19.09	21.19
1995	23.18	23.28	22.17	20.67	19.22	18.39	17.51	16.58	16.98	17.30	18.48	18.91
1996	20.89	22.25	22.32	19.88	18.24	17.13	15.77	16.12	16.13	17.08	17.36	19.30
1997	20.30	22.35	22.99	21.94	22.36	22.52	22.10	21.63	22.16	21.17	22.94	24.72

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	24.94	25.45	25.06	24.44	23.02	20.71	19.50	18.09	18.37	18.41	18.54	18.88
1999	20.63	23.13	22.61	21.44	19.14	18.20	17.30	16.94	16.81	17.21	17.75	19.51
2000	20.18	22.43	22.00	21.75	20.24	19.23	17.93	18.05	17.90	18.18	17.76	20.85
2001	22.09	23.42	23.66	22.46	19.61	18.33	18.13	17.65	17.06	17.41	18.58	20.17
2002	21.25	23.75	24.65	23.43	21.28	18.61	18.14	18.12	17.77	19.34	19.97	21.71
2003	22.88	23.75	22.96	21.36	19.65	18.10	17.47	17.18	17.00	17.86	19.21	20.41
2004	21.56	23.63	23.69	21.80	18.80	17.28	17.59	16.25	17.49	18.53	18.78	19.79
2005	21.84	23.18	22.56	21.84	19.55	18.17	17.77	17.23	16.86	17.04	17.22	19.07
2006	21.67	23.96	23.16	21.21	19.82	19.00	18.80	18.63	18.20	18.85	19.60	20.68
2007	23.87	23.40	23.39	22.02	19.27	17.29	17.14	16.25	16.15	16.35	17.75	18.57
2008	22.31	23.38	23.64	21.87	20.07	19.76	19.13	19.01	18.63	18.25	18.05	19.07
2009	21.94	23.14	22.51	21.24	20.16	19.48	19.07	18.18	18.36	18.20	19.04	21.49
2010	23.38	23.92	23.99	22.11	20.49	19.77	16.90	16.66	16.57	16.92	17.25	19.53
2011	20.93	22.46	21.14	21.60	20.83	20.18	18.32	17.46	16.85	16.77	18.17	20.05
2012	21.95	23.14	23.17	22.78	21.61	20.81	19.30	17.94	17.97	18.00	19.09	19.43
2013	22.37	22.38	22.84	20.16	19.54	17.61	16.03	16.50	16.32	17.06	17.00	19.55
2014	22.72	22.43	22.38	21.57	22.50	21.43	18.43	17.67	17.42	18.36	18.29	19.84
2015	21.55	23.62	23.71	23.13	22.64	21.31	19.97	18.99	19.82	20.37	20.54	22.46
2016	23.65	24.62	24.29	22.75	20.58	19.14	18.30	17.76	18.18	17.84	17.22	20.27
2017	22.64	24.32	24.55	23.05	21.64	20.64	17.99	17.71	17.32	17.58	17.13	20.08
2018	20.83	22.39	21.50	21.04	19.72	18.14	17.47	17.48	17.22	17.42	19.82	20.31
2019	23.14	23.56	23.19	21.96	21.15	19.03	17.23	16.27	16.83	17.41	19.19	20.70

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	29.21	30.21	30.25	29.88	27.57	25.88	24.87	25.30	24.94	25.13	25.78	27.03
1976	29.50	29.78	30.89	30.36	29.21	28.07	26.58	26.24	25.68	25.58	26.73	28.71
1977	30.38	30.83	30.94	30.40	28.31	26.78	25.61	24.99	24.80	25.38	26.46	28.44
1978	29.71	31.09	30.71	30.15	28.40	25.59	24.52	24.02	24.81	24.83	26.67	28.61
1979	29.65	30.63	31.08	30.04	28.12	26.66	25.22	26.18	26.33	25.62	26.58	28.71
1980	29.70	30.47	30.90	31.05	29.66	27.44	25.89	25.21	25.51	25.66	26.78	27.71
1981	29.04	30.53	30.87	30.05	27.01	25.89	24.92	24.73	25.40	25.73	26.30	28.65
1982	29.47	30.40	29.81	29.31	27.96	26.27	25.79	24.70	25.72	27.33	29.61	30.56
1983	30.68	31.63	31.60	31.08	31.00	30.47	28.72	27.44	27.45	26.22	27.26	28.41
1984	29.78	30.77	29.73	29.43	28.55	27.05	25.24	24.87	25.23	25.74	26.45	28.57
1985	29.23	30.52	30.61	29.16	26.83	25.15	24.51	24.85	25.10	24.62	26.07	28.18
1986	30.13	31.11	30.30	30.20	28.06	25.54	24.57	25.22	26.40	25.58	26.72	28.64
1987	30.54	32.02	31.97	31.68	29.77	28.42	27.57	26.03	26.39	26.70	27.57	28.74
1988	30.34	31.76	30.26	30.33	29.14	26.81	25.10	24.93	25.53	25.33	26.53	28.35
1989	30.03	31.00	31.35	30.25	27.09	26.23	25.32	24.46	24.99	25.59	26.49	27.79
1990	29.99	31.19	31.09	30.54	28.45	27.35	25.45	25.15	24.93	25.33	25.74	28.34
1991	29.79	31.13	31.40	30.74	29.81	27.49	26.20	25.47	25.36	26.10	26.60	28.85
1992	30.09	31.80	31.91	31.58	31.23	28.74	26.29	25.21	25.29	26.14	26.51	28.41
1993	30.32	31.43	31.82	31.57	29.84	27.32	25.67	25.04	25.22	25.70	26.37	29.14
1994	30.20	31.50	30.96	30.15	28.79	26.67	25.30	24.90	25.18	26.54	27.33	29.46
1995	30.87	32.08	31.41	30.51	29.35	27.83	26.75	25.90	26.16	26.36	27.51	28.26
1996	29.88	31.67	30.61	29.60	28.15	25.55	24.42	24.89	25.77	25.57	25.96	28.43
1997	30.08	32.08	32.50	31.23	31.45	30.33	30.06	29.48	30.00	30.19	31.18	31.65

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	31.61	32.35	31.99	32.04	30.46	29.36	28.54	27.18	27.35	26.79	28.11	28.40
1999	30.71	30.93	31.46	30.39	28.65	26.43	25.91	24.70	25.79	26.16	26.92	28.13
2000	29.69	30.70	30.93	30.62	28.51	26.19	24.32	25.16	25.82	25.13	25.79	27.78
2001	29.70	30.79	30.26	29.68	27.56	24.67	24.17	23.87	24.23	23.78	26.12	27.49
2002	29.47	30.75	31.15	30.82	30.17	27.32	25.47	24.70	25.05	25.68	26.64	28.15
2003	29.91	31.32	30.91	30.64	28.18	25.69	25.54	24.63	23.91	25.64	25.83	28.45
2004	29.87	31.19	31.63	29.98	28.86	26.17	25.39	24.86	25.40	26.90	26.40	28.74
2005	30.75	30.92	31.02	31.34	27.99	25.94	25.25	24.84	24.68	25.02	25.68	27.57
2006	30.15	31.43	31.37	30.62	29.35	26.66	25.43	25.87	26.20	26.49	27.11	29.13
2007	30.85	31.72	31.27	30.83	28.65	25.51	24.75	24.11	24.40	23.08	25.53	26.22
2008	28.96	30.78	31.26	30.25	28.81	26.89	26.38	26.47	26.88	26.66	26.79	28.49
2009	29.76	30.90	31.68	30.71	29.58	27.24	27.26	25.88	26.39	25.63	26.21	28.20
2010	30.15	30.93	31.25	31.21	29.05	27.25	26.04	24.63	24.74	25.25	25.44	27.77
2011	29.92	30.91	30.63	30.03	28.85	28.10	26.39	25.02	25.28	25.41	26.42	28.65
2012	30.23	30.62	31.58	31.57	30.34	28.83	26.99	25.68	25.52	26.30	26.92	27.85
2013	29.83	31.02	30.76	29.89	27.77	25.79	24.64	24.66	25.16	25.28	25.49	28.60
2014	30.57	30.96	31.61	31.43	29.82	28.90	27.01	25.42	26.34	26.38	27.37	28.66
2015	29.97	31.61	31.70	31.79	31.05	29.59	28.31	26.69	27.93	28.40	28.62	30.04
2016	31.25	32.69	32.40	31.98	30.66	28.95	27.62	27.05	27.18	26.54	27.16	28.76
2017	31.05	31.40	31.12	31.68	30.30	28.99	25.92	25.87	26.27	25.95	25.18	28.50
2018	30.06	31.35	30.78	30.46	28.77	25.83	25.27	25.06	25.90	25.31	27.18	29.25
2019	31.35	31.81	32.88	31.84	30.36	28.45	26.37	24.95	25.51	25.98	26.47	29.06

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	1.80	3.20	22.70	0.40	0.40	0.90	3.20	2.50	0.10	0.00	0.00	0.00
1976	39.90	22.50	0.00	0.00	0.70	0.20	0.00	0.30	0.00	0.10	0.00	0.00
1977	0.00	28.10	3.10	1.40	0.00	0.20	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.30	12.30	1.20	0.10	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	3.10	0.00	0.30	0.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1980	0.00	0.00	12.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
1981	0.00	1.60	6.70	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.50	3.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	1.30	1.00
1983	145.70	81.20	287.60	491.00	544.10	262.10	0.30	0.00	0.00	4.00	0.00	3.30
1984	0.00	5.80	5.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.90	0.00	0.00
1985	0.00	0.00	11.70	0.00	1.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.10	0.00	0.30
1986	5.90	3.30	0.50	2.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.10	0.00
1987	10.20	45.70	25.30	6.90	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10	0.00
1988	0.10	0.60	0.10	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	2.20	11.00	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
1990	0.30	0.30	0.70	1.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.60	1.10
1991	0.40	2.00	0.50	2.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.40
1992	0.00	13.40	76.10	75.30	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	1.10	12.40	8.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.20	0.00	6.00
1995	0.50	12.20	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	1.90	0.20
1996	0.00	3.00	1.70	2.90	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.50	2.80	0.40	1.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	2.70	1.60	75.90

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	312.20	225.00	285.90	35.60	4.20	20.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00
1999	4.00	48.80	2.50	6.90	1.50	2.40	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	2.90
2000	0.00	3.00	0.40	11.40	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30
2001	8.70	1.90	57.40	12.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.90
2002	0.00	3.20	56.70	30.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.20	0.50
2003	2.10	9.00	0.00	0.40	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	2.30
2004	2.70	0.30	0.20	0.00	0.20	0.00	1.50	0.00	0.00	1.00	0.00	5.30
2005	0.50	0.10	2.20	0.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.40	7.30	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.90	4.10
2007	3.70	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	16.80	108.90	18.90	5.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	10.10	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
2010	0.00	67.00	33.10	8.70	3.10	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	1.40	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.20	0.00	0.70
2012	2.50	56.00	1.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.40
2013	0.00	0.50	63.70	1.50	8.40	0.00	0.20	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00
2014	0.00	2.20	2.30	9.40	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.40
2015	1.90	0.00	20.30	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70
2016	1.90	5.00	38.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	10.50	124.40	198.40	2.50	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
2018	0.50	2.40	0.30	5.40	1.60	0.20	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	2.20
2019	0.30	5.50	5.80	0.80	0.50	0.20	0.30	0.10	0.00	1.00	0.40	4.30

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	0.70	3.20	18.90	0.40	0.20	0.80	3.20	1.30	0.10	0.00	0.00	0.00
1976	18.80	22.50	0.00	0.00	0.50	0.20	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00
1977	0.00	28.10	1.80	1.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.30	8.70	1.20	0.10	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	2.00	0.00	0.30	0.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1980	0.00	0.00	10.70	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
1981	0.00	1.60	3.20	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.40	1.80	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	1.30	1.00
1983	46.50	81.20	59.60	74.60	132.00	90.50	0.20	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00
1984	0.00	5.80	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.90	0.00	0.00
1985	0.00	0.00	11.30	0.00	0.90	0.00	0.00	1.10	0.00	0.10	0.00	0.20
1986	3.80	3.30	0.30	1.10	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.90	0.00
1987	4.40	45.70	11.90	3.70	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10	0.00
1988	0.10	0.60	0.10	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	1.50	11.00	9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
1990	0.30	0.30	0.40	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.60	0.80
1991	0.30	2.00	0.50	1.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.40
1992	0.00	13.40	53.30	26.90	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	1.10	4.90	2.50	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.20	0.00	3.80
1995	0.50	12.20	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	1.90	0.20
1996	0.00	3.00	1.70	2.90	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.50	2.80	0.40	0.90	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	2.70	1.30	24.70

AÑO	LA ESPERANZA (7 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	96.60	225.00	71.10	10.80	2.60	20.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00
1999	2.80	48.80	1.30	5.40	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	2.60
2000	0.00	3.00	0.40	3.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20
2001	8.70	1.90	14.50	9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.60
2002	0.00	3.20	20.20	22.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.20	0.50
2003	1.90	9.00	0.00	0.40	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.30
2004	1.50	0.30	0.20	0.00	0.20	0.00	1.50	0.00	0.00	1.00	0.00	5.30
2005	0.50	0.10	1.50	0.30	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.40	7.30	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.80	4.10
2007	3.70	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	6.40	108.90	7.10	2.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	8.70	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
2010	0.00	67.00	14.00	4.50	3.10	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	1.40	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	1.20	0.00	0.70
2012	1.00	56.00	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.40
2013	0.00	0.50	29.20	0.80	4.10	0.00	0.20	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00
2014	0.00	2.20	1.90	7.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.40
2015	1.60	0.00	11.80	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70
2016	1.60	5.00	18.50	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	5.10	124.40	65.90	1.60	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10
2018	0.10	2.40	0.10	4.20	0.40	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	1.50
2019	0.20	5.50	2.80	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.80	0.10	2.60

ANEXO 1.2
DATA CLIMÁTICA EN LA ESTACIÓN MALLARES
(1975 - 2019)

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	20.45	21.88	21.83	21.15	18.95	16.66	16.43	16.35	15.23	16.34	16.31	17.99
1976	21.64	22.20	22.39	21.16	20.50	19.91	18.51	19.04	18.11	18.04	19.06	21.34
1977	23.17	22.80	22.71	21.15	19.18	17.74	17.23	16.30	17.00	17.21	18.22	20.10
1978	20.87	23.11	21.50	20.72	18.51	16.16	16.96	15.98	16.44	16.69	18.40	19.30
1979	21.57	22.36	22.99	20.90	18.89	17.03	16.90	17.52	17.59	17.34	17.57	19.25
1980	21.67	21.97	22.64	21.61	19.36	17.55	16.78	15.66	16.52	17.80	18.35	18.84
1981	20.35	22.74	21.96	20.38	18.24	17.52	15.84	15.74	16.42	17.59	17.92	19.65
1982	20.93	21.92	20.96	20.09	19.20	18.40	17.91	17.48	17.93	19.81	21.70	23.87
1983	24.24	24.50	24.10	24.15	24.53	23.86	21.41	19.53	18.79	19.54	19.53	21.03
1984	21.03	22.99	22.07	21.13	18.49	18.03	17.13	16.46	16.75	18.09	17.20	20.23
1985	20.79	21.69	21.07	19.69	17.04	16.70	16.09	15.47	16.10	16.85	16.48	19.20
1986	21.94	21.63	20.44	20.77	18.53	16.43	16.57	17.87	17.01	17.40	19.06	20.52
1987	23.26	24.26	24.54	23.48	20.12	19.35	19.03	17.18	17.86	18.53	18.69	20.44
1988	22.03	23.39	21.15	20.79	19.36	16.23	15.56	15.99	16.16	16.85	18.34	19.70
1989	21.75	23.32	22.19	21.30	16.80	17.81	16.14	16.83	16.57	17.77	17.11	17.40
1990	20.91	22.15	22.09	21.03	20.38	18.54	17.15	16.57	16.86	17.43	17.77	18.58
1991	20.68	22.70	22.98	21.19	20.40	18.17	16.08	16.14	17.07	16.98	17.63	21.12
1992	23.20	23.40	23.82	23.04	21.58	18.43	16.17	16.39	16.97	17.93	18.35	17.97
1993	21.98	23.00	22.44	21.66	19.72	20.05	18.58	17.48	17.80	17.87	17.83	19.98
1994	21.39	22.51	21.66	21.52	19.78	17.76	16.56	16.42	17.35	17.51	18.64	20.86
1995	23.02	22.70	21.64	19.95	18.94	18.14	17.46	16.50	16.69	17.33	18.42	18.38
1996	20.85	21.92	22.11	19.58	17.65	16.81	15.06	15.61	15.97	16.83	17.07	18.11
1997	19.60	21.92	22.86	22.14	22.48	21.69	21.15	21.41	22.14	20.80	22.57	24.20

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	24.66	25.10	24.76	23.86	22.45	20.18	18.98	17.67	18.06	18.19	18.17	18.42
1999	19.97	22.91	22.66	21.00	18.67	17.64	16.72	16.99	16.74	17.23	17.80	19.06
2000	19.84	21.66	21.84	21.49	19.21	18.25	17.05	17.45	17.43	17.44	16.71	19.72
2001	21.16	23.15	23.09	21.91	18.78	17.25	17.66	17.14	16.55	16.59	17.49	18.90
2002	19.98	23.20	24.12	22.72	19.91	17.06	17.37	17.57	16.68	18.26	18.61	20.42
2003	22.15	23.40	22.39	20.73	19.15	17.63	17.43	17.19	16.70	17.36	18.11	19.25
2004	20.67	23.42	23.25	20.98	18.39	17.13	17.55	16.08	17.18	17.88	18.32	19.56
2005	21.11	22.69	21.89	21.11	18.41	17.82	16.99	16.85	16.21	16.37	16.37	18.15
2006	20.98	22.92	22.80	20.01	18.22	17.81	17.73	17.58	17.21	17.95	18.61	19.45
2007	22.93	22.50	21.63	18.27	15.43	16.23	16.96	16.23	16.11	16.20	17.66	18.33
2008	21.54	22.75	23.13	21.62	19.48	19.20	18.62	18.62	18.37	17.85	17.67	18.35
2009	21.88	22.90	22.89	21.19	19.49	18.91	18.56	17.87	18.15	17.85	18.79	20.89
2010	23.00	23.52	23.36	22.06	19.95	18.22	16.85	16.61	16.18	16.37	16.49	18.76
2011	20.16	22.00	21.22	21.59	20.26	19.97	18.35	18.10	17.29	17.02	18.21	20.12
2012	22.04	23.14	23.44	23.06	21.35	20.64	19.15	18.12	18.18	22.87	18.82	19.23
2013	22.13	22.88	22.75	20.09	19.27	17.35	15.79	16.66	16.37	17.15	16.92	18.99
2014	22.08	22.39	22.57	21.41	22.19	20.86	17.59	17.55	17.40	18.18	18.47	19.25
2015	21.16	23.29	23.97	23.07	22.56	21.28	19.74	19.51	20.04	20.26	20.42	19.15
2016	23.64	24.56	24.55	22.83	20.11	18.44	17.93	17.69	17.53	18.17	18.21	19.25
2017	22.79	23.93	24.21	23.01	21.84	20.81	18.52	17.85	17.55	17.58	17.59	19.95
2018	21.15	23.02	22.21	21.26	19.42	18.00	17.79	18.18	17.77	18.04	19.74	20.87
2019	23.64	23.97	23.31	21.95	21.04	19.09	17.14	16.50	17.18	17.58	19.30	20.83

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octu bre	Noviembre	Diciembre
1975	32.53	32.80	32.75	31.93	29.13	27.74	26.56	27.68	28.45	29.99	29.20	30.31
1976	30.35	31.02	32.23	31.97	30.76	29.52	28.72	28.55	29.66	29.22	30.60	31.91
1977	32.94	33.06	33.32	32.59	31.01	29.50	27.93	27.73	29.40	29.68	30.09	31.91
1978	31.91	32.10	31.82	31.15	30.36	28.78	27.75	28.54	29.24	29.08	30.62	31.83
1979	33.06	33.28	32.84	31.68	29.05	27.42	27.22	29.14	30.10	30.17	30.52	31.69
1980	33.16	33.76	33.94	32.89	31.02	29.36	28.45	28.42	29.53	30.59	30.62	31.53
1981	32.45	32.29	32.52	31.13	29.27	28.22	26.99	27.39	29.56	30.60	30.83	31.63
1982	31.70	32.11	31.93	31.18	30.26	28.52	28.25	28.11	30.13	31.27	32.06	33.16
1983	32.00	32.96	32.87	31.74	31.43	30.67	30.14	29.85	30.22	30.34	31.31	32.42
1984	33.91	34.07	33.30	33.19	30.82	28.21	27.79	27.93	28.98	30.45	30.26	32.90
1985	31.98	34.27	33.40	31.88	28.54	27.77	26.20	27.55	29.75	29.65	31.14	31.62
1986	31.76	32.53	32.64	32.02	30.01	28.00	27.14	28.98	29.92	30.48	31.07	32.57
1987	33.78	33.22	32.96	32.53	30.70	28.66	28.47	29.90	30.70	30.40	32.25	33.10
1988	32.89	33.23	32.88	32.48	31.03	28.66	28.08	28.83	29.85	30.70	31.47	32.54
1989	33.87	33.40	32.93	32.07	29.51	28.34	27.27	27.97	28.66	30.22	31.11	31.73
1990	33.41	33.49	34.57	33.17	31.11	28.92	26.28	27.16	28.85	29.85	30.96	31.81
1991	33.62	34.79	34.79	34.11	32.45	29.53	27.69	27.77	29.07	29.75	30.64	31.44
1992	33.35	33.47	32.99	31.43	31.50	29.11	28.22	28.28	28.87	30.31	31.23	32.15
1993	33.06	33.54	33.33	32.46	30.71	30.63	30.03	29.98	31.80	32.27	32.12	33.14
1994	34.05	34.98	34.80	34.21	33.24	30.38	28.68	29.95	31.06	31.25	31.75	32.85
1995	34.57	34.55	34.87	34.09	32.15	30.93	28.69	28.88	30.08	30.51	31.70	32.66
1996	34.25	35.34	33.99	32.44	31.07	28.51	28.26	29.10	29.76	29.93	30.32	32.39
1997	34.50	36.24	34.09	32.27	32.61	31.01	30.66	30.02	30.99	30.60	31.26	33.82

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	33.93	34.28	33.91	33.47	31.15	31.05	31.53	29.86	30.23	30.22	31.18	32.97
1999	34.74	33.50	34.03	33.72	30.89	29.28	29.04	29.68	30.33	31.01	31.00	31.68
2000	34.07	35.47	34.97	34.05	31.60	28.02	28.14	29.50	29.56	30.27	29.88	31.21
2001	33.71	34.20	32.69	32.41	29.41	27.01	28.45	28.42	28.80	28.89	30.06	32.37
2002	34.89	34.36	34.21	32.43	32.52	30.04	28.77	28.78	29.52	30.23	30.84	32.94
2003	34.00	34.33	34.36	33.20	31.44	30.22	29.65	29.38	29.32	30.82	30.91	32.67
2004	34.27	35.11	35.81	34.31	31.23	29.15	28.29	29.33	30.49	30.64	31.14	32.76
2005	34.71	34.71	33.86	34.41	30.51	29.56	28.95	29.20	28.85	29.42	29.66	31.75
2006	34.43	34.33	34.57	34.09	31.76	29.14	28.87	29.91	30.62	30.48	31.79	33.50
2007	34.80	35.84	35.46	34.14	31.11	29.54	29.32	28.36	29.15	28.63	30.68	31.43
2008	32.86	33.16	33.52	33.07	30.32	27.65	28.58	28.45	30.86	30.94	31.66	33.24
2009	33.81	34.55	35.22	35.26	33.46	30.12	30.37	29.62	30.86	31.96	31.97	32.96
2010	34.20	34.29	34.87	34.28	32.84	31.28	30.15	30.17	29.94	30.44	31.76	33.19
2011	35.35	35.66	37.25	35.96	32.92	32.05	30.15	30.67	31.91	31.28	33.15	33.93
2012	34.75	34.80	36.05	35.55	34.24	32.39	29.77	29.86	31.12	30.95	32.41	33.28
2013	34.60	36.02	34.93	34.13	30.95	29.29	29.84	30.45	30.86	31.08	31.13	33.74
2014	35.14	35.82	36.42	35.37	33.41	32.58	31.61	31.74	32.43	32.69	32.93	34.80
2015	35.55	36.04	36.19	35.77	33.68	32.42	31.90	31.29	32.50	32.40	32.28	33.18
2016	34.80	35.48	35.44	34.70	33.89	32.03	30.06	30.05	31.03	31.09	31.98	33.32
2017	35.25	34.74	33.84	34.63	32.36	31.50	28.94	29.88	31.68	32.18	30.77	33.71
2018	35.17	35.30	35.27	34.68	32.37	29.99	29.44	31.14	32.26	31.57	33.22	34.54
2019	35.83	35.64	36.89	36.50	34.36	32.92	31.73	31.72	32.69	33.01	33.25	35.28

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	1.40	5.50	30.40	2.70	0.10	0.50	0.00	3.50	0.10	0.40	0.60	0.00
1976	24.60	99.70	3.10	0.00	11.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1977	1.00	39.50	9.80	5.00	1.10	0.20	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.20	41.10	0.40	1.20	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	2.70	0.20	5.20	1.50	0.60	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.20
1980	0.00	0.50	4.60	29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	0.00	4.10	19.90	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.60	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	2.60	2.30	22.70
1983	321.00	211.50	506.70	603.50	463.70	0.00	4.00	0.00	0.00	5.40	0.20	3.10
1984	1.50	64.80	14.50	12.70	0.00	0.20	0.70	3.20	0.90	0.30	0.60	0.00
1985	0.30	0.00	5.10	0.20	3.20	0.00	0.00	1.30	0.00	0.70	0.00	1.80
1986	2.30	7.70	1.40	12.50	2.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.80	0.10
1987	9.60	203.80	92.20	33.40	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.90	0.70	0.00
1988	9.60	2.40	1.40	20.20	0.10	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	1.70	0.00
1989	8.10	64.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.30	0.00	0.00
1990	0.10	0.90	0.50	2.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	4.30
1991	3.30	4.80	28.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	4.90
1992	8.80	42.50	198.70	234.50	4.20	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.00	0.00	0.00	0.85	0.05	0.00
1994	1.20	9.70	19.20	1.10	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	6.55
1995	0.00	2.10	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
1996	0.00	0.20	1.30	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00
1997	0.00	11.50	25.00	13.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	1.80	195.45

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	538.90	446.70	639.60	103.20	34.10	2.70	0.10	0.00	0.00	1.40	1.00	0.30
1999	8.00	130.80	0.00	17.50	4.60	2.00	0.00	0.00	0.20	2.20	0.00	5.40
2000	1.80	12.60	7.50	40.00	21.30	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00
2001	7.90	5.80	238.10	35.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	3.90	4.20
2002	0.10	5.00	103.00	131.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	2.70	1.30
2003	4.80	13.20	2.00	0.00	0.00	2.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.60	8.60
2004	7.50	1.70	1.10	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	7.60
2005	0.00	0.00	23.40	0.30	0.10	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.00	54.00	29.80	2.20	0.00	0.00	0.60	0.00	0.30	0.00	4.60	4.20
2007	6.40	0.00	18.60	3.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.30
2008	55.60	215.80	98.10	11.30	6.50	0.20	0.10	0.60	0.00	0.10	0.90	0.00
2009	34.00	32.50	35.90	0.40	2.30	0.40	0.10	0.00	0.00	0.80	8.50	1.90
2010	3.20	100.70	49.20	18.30	6.70	0.60	0.10	0.30	0.00	0.90	0.00	1.80
2011	3.00	1.30	0.90	21.10	0.70	0.20	1.20	0.00	0.00	0.70	0.40	0.40
2012	10.20	136.00	45.20	9.10	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.30
2013	0.90	2.50	90.70	0.00	16.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
2014	1.80	1.70	5.80	8.50	4.60	0.00	0.50	0.00	0.70	5.90	0.00	0.90
2015	3.70	5.20	36.10	0.20	17.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	0.00
2016	1.70	55.10	139.20	12.90	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	12.30	174.80	449.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.40	0.50	0.00
2018	1.90	3.00	0.00	17.60	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	6.10
2019	0.40	39.40	10.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	0.90	1.50	10.90	1.80	0.10	0.30	0.00	2.60	0.10	0.30	0.60	0.00
1976	12.40	67.30	0.90	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1977	0.40	9.90	5.90	2.10	1.10	0.20	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.20	25.60	0.20	0.70	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	1.70	0.20	2.50	0.70	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.20
1980	0.00	0.50	3.90	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	0.00	2.30	9.60	0.40	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.60	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.60	2.10	11.50
1983	49.70	47.10	148.00	93.00	81.60	0.00	4.00	0.00	0.00	5.40	0.20	1.40
1984	1.50	47.30	4.10	12.70	0.00	0.20	0.40	2.00	0.90	0.30	0.60	0.00
1985	0.20	0.00	4.30	0.20	2.70	0.00	0.00	1.20	0.00	0.70	0.00	0.80
1986	1.20	4.00	0.80	4.20	2.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.50	0.10
1987	3.20	63.90	37.00	8.50	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.60	0.50	0.00
1988	4.20	1.90	1.40	15.70	0.10	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	1.00	0.00
1989	5.00	27.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.30	0.00	0.00
1990	0.10	0.70	0.50	0.90	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	2.60
1991	3.30	4.50	15.40	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.30
1992	8.60	28.80	81.50	90.70	2.60	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.90	0.00	0.00	0.70	0.05	0.00
1994	0.50	3.40	7.20	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	5.20
1995	0.00	1.20	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
1996	0.00	0.20	0.70	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
1997	0.00	7.10	21.80	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.20	0.50	85.80

AÑO	MALLARES (44 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	112.30	43.20	201.00	42.60	19.10	2.70	0.10	0.00	0.00	1.40	0.80	0.20
1999	7.50	64.80	0.00	5.10	3.00	1.80	0.00	0.00	0.20	2.20	0.00	5.10
2000	1.80	7.00	5.90	13.50	19.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
2001	4.70	1.80	62.50	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	3.80	3.10
2002	0.10	2.60	21.00	37.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.80	0.50
2003	3.10	12.90	1.90	0.00	0.00	1.50	0.30	0.00	0.00	0.00	1.60	7.10
2004	3.00	0.70	1.10	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	7.00
2005	0.00	0.00	6.10	0.30	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.00	24.30	10.90	1.10	0.00	0.00	0.40	0.00	0.30	0.00	4.10	3.30
2007	4.00	0.00	6.70	1.70	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.10
2008	28.00	44.00	15.00	5.90	6.00	0.20	0.10	0.30	0.00	0.10	0.60	0.00
2009	14.10	10.30	14.70	0.30	2.10	0.40	0.10	0.00	0.00	0.80	8.00	0.60
2010	2.00	60.40	22.70	7.30	6.30	0.60	0.10	0.30	0.00	0.90	0.00	0.50
2011	2.90	0.90	0.80	7.80	0.60	0.20	0.90	0.00	0.00	0.60	0.30	0.20
2012	5.50	36.00	28.30	3.00	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.20
2013	0.80	0.80	59.00	0.00	6.50	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
2014	1.80	0.70	3.00	4.30	2.20	0.00	0.40	0.00	0.30	5.60	0.00	0.40
2015	2.40	1.70	31.90	0.20	16.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	0.00
2016	1.60	36.80	66.00	9.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	5.50	33.30	129.30	9.00	3.10	0.00	0.30	0.20	0.00	0.20	0.50	0.00
2018	1.90	1.90	0.00	13.60	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	5.50
2019	0.40	8.30	5.00	0.20	0.20	0.30	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00

ANEXO 1.3
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN HUANCABAMBA
(1975 - 2019)

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	12.42	12.56	12.68	12.30	12.60	12.37	10.30	12.01	11.78	11.83	11.19	10.29
1976	12.68	12.23	12.92	12.80	12.24	11.79	11.70	11.75	12.10	11.17	12.07	12.28
1977	13.97	13.44	14.15	12.55	11.58	11.83	12.02	12.57	12.77	12.57	11.41	13.07
1978	12.65	13.58	12.44	13.53	13.06	11.20	11.65	11.97	12.22	10.69	12.57	12.75
1979	12.21	13.39	14.03	12.79	12.37	12.91	11.23	12.64	11.25	11.29	10.82	11.43
1980	13.43	12.93	13.80	12.18	12.59	12.59	12.17	11.55	12.15	13.25	12.45	11.47
1981	11.32	13.36	12.99	13.53	11.94	12.19	11.17	11.91	12.43	12.71	11.11	13.77
1982	12.19	12.76	13.34	12.60	12.41	12.98	13.12	13.62	13.49	13.12	13.25	14.14
1983	14.00	11.90	13.26	13.65	13.17	11.61	11.20	12.76	12.34	13.43	13.36	12.69
1984	10.89	13.29	12.70	12.11	11.92	11.01	10.90	10.94	11.91	11.85	9.87	11.87
1985	11.66	11.55	11.86	11.80	12.10	11.47	10.41	10.85	12.11	11.48	10.43	12.06
1986	13.49	12.34	11.41	13.13	11.21	11.73	11.30	12.73	13.19	12.13	11.77	12.29
1987	13.53	14.15	12.82	12.68	11.72	11.41	11.28	10.92	12.38	11.40	12.09	12.31
1988	13.16	13.94	11.62	12.19	12.43	9.47	9.82	10.56	11.73	11.48	11.27	10.23
1989	11.95	11.67	10.15	11.30	10.71	10.42	8.05	9.76	10.29	11.77	8.58	8.24
1990	11.01	11.33	11.12	11.90	10.82	11.19	8.57	8.90	9.54	11.83	11.39	10.84
1991	10.77	12.34	12.13	12.49	11.84	11.35	10.18	9.50	10.61	11.09	10.49	12.32
1992	12.37	12.41	14.17	13.47	12.68	12.91	12.08	12.64	12.64	12.84	11.98	11.70
1993	13.08	12.91	13.41	13.08	12.34	12.32	11.96	11.95	12.77	14.08	13.19	15.05
1994	14.50	15.06	15.38	15.44	13.77	13.95	14.23	12.62	13.06	11.68	12.74	13.82
1995	12.13	12.95	13.73	13.11	12.43	11.90	11.91	11.88	13.00	13.02	13.35	12.22
1996	11.99	13.49	14.38	13.28	12.77	11.91	11.44	12.23	13.22	11.58	10.36	13.15
1997	11.59	14.09	12.34	14.60	12.91	11.50	13.55	13.44	13.50	13.71	13.68	14.75

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	14.76	15.30	15.40	14.74	13.69	12.85	12.46	13.52	12.84	14.11	13.42	11.31
1999	13.07	14.31	13.75	13.87	13.03	12.46	12.33	11.28	12.89	12.65	12.12	13.12
2000	11.28	12.67	14.09	13.79	13.01	13.08	12.42	12.83	12.70	12.35	10.38	13.06
2001	13.45	13.84	13.27	13.72	12.98	12.34	12.92	13.01	12.71	13.65	13.55	13.76
2002	13.23	14.41	13.54	13.88	13.31	13.12	13.57	13.37	13.37	13.77	13.79	14.46
2003	13.78	14.77	13.61	14.28	13.84	13.47	13.08	13.90	12.64	13.03	12.48	13.35
2004	12.31	13.78	14.47	13.06	13.05	13.11	12.54	12.72	13.08	13.66	12.87	12.92
2005	12.29	14.61	14.45	14.04	12.12	12.51	11.98	12.82	13.38	12.90	10.63	12.14
2006	12.67	13.87	13.67	12.50	11.40	13.21	11.92	12.76	12.40	12.95	13.27	13.61
2007	15.06	12.99	14.36	13.71	12.97	13.15	12.09	13.07	13.29	12.65	13.57	11.98
2008	14.01	14.05	13.09	13.64	11.58	11.50	12.35	12.35	13.04	13.04	12.73	11.55
2009	14.09	14.62	13.51	13.49	12.43	12.68	13.37	12.97	13.54	13.01	12.02	13.78
2010	13.61	14.33	14.74	14.48	14.11	13.78	11.85	12.29	12.79	13.32	11.19	12.45
2011	13.37	12.75	12.15	13.94	12.40	12.75	13.08	12.77	13.46	11.73	12.73	14.15
2012	14.30	13.83	14.20	13.03	12.94	12.67	12.98	12.46	13.92	13.60	14.05	12.17
2013	14.82	13.75	15.01	13.65	13.98	13.18	12.84	12.81	12.99	13.65	10.74	12.81
2014	13.88	14.16	14.32	14.17	14.08	13.47	13.37	13.49	13.77	14.23	13.26	13.76
2015	14.78	14.33	14.81	14.44	14.07	14.53	13.48	13.76	14.59	14.14	14.41	14.88
2016	14.70	15.84	15.54	14.97	13.72	13.39	13.31	13.59	13.45	12.37	10.79	13.78
2017	13.78	12.66	14.45	16.98	16.33	14.95	13.99	12.36	14.43	14.92	13.89	14.75
2018	15.24	14.03	16.42	15.79	15.94	14.05	14.17	14.18	14.83	14.69	15.56	15.18
2019	16.21	17.23	16.77	16.55	14.00	15.86	14.52	13.81	14.65	15.15	15.36	15.88

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.). TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	21.76	22.97	23.48	23.67	23.37	21.35	23.46	22.68	22.71	23.77	24.45	25.08
1976	22.03	23.12	24.55	23.35	23.51	22.33	22.11	22.15	24.21	26.99	26.30	25.83
1977	24.29	22.39	23.41	23.55	23.28	22.34	21.74	22.95	23.62	25.03	25.86	26.12
1978	24.90	25.51	24.77	23.66	23.44	22.75	22.75	22.40	23.28	25.67	25.64	25.43
1979	24.95	24.13	23.25	23.56	23.40	23.34	23.54	24.66	25.02	26.37	27.70	25.77
1980	25.58	26.13	23.48	24.55	23.64	23.57	23.05	23.93	25.21	24.01	25.43	25.88
1981	25.00	22.92	24.63	24.29	25.27	23.84	22.57	24.14	23.43	25.13	27.15	24.98
1982	24.98	26.43	25.47	24.27	23.40	23.50	22.30	22.47	24.51	25.05	26.67	25.79
1983	24.63	25.41	24.76	24.81	25.39	24.60	25.06	23.53	23.70	24.68	26.83	24.85
1984	26.33	22.55	23.54	23.53	22.55	21.25	21.77	23.25	24.29	23.29	25.33	23.53
1985	24.60	22.39	24.89	24.56	22.96	22.06	21.17	21.97	24.19	26.10	26.14	25.30
1986	22.32	24.61	24.34	22.81	24.23	22.21	21.68	22.72	22.83	25.87	25.65	24.35
1987	23.71	23.15	25.52	24.04	24.45	24.11	22.39	23.18	25.01	26.52	26.44	24.52
1988	23.71	23.60	23.89	23.78	23.82	24.69	22.19	23.95	23.90	25.23	23.91	24.55
1989	21.34	21.01	22.63	22.52	22.25	21.57	22.31	22.19	23.95	23.55	26.99	27.57
1990	22.84	25.11	23.86	24.31	23.63	21.63	22.79	23.15	24.06	25.74	24.66	24.99
1991	24.79	24.53	24.35	23.89	23.80	22.94	23.30	21.88	25.55	24.29	27.91	27.30
1992	24.64	24.61	25.25	24.73	25.37	22.71	22.74	23.68	23.44	24.92	26.85	25.28
1993	23.62	23.01	23.64	23.70	24.72	23.43	22.91	23.85	23.55	24.78	28.19	25.99
1994	24.15	23.89	25.16	25.01	24.83	23.34	24.21	22.76	23.83	26.12	26.34	25.34
1995	23.94	24.88	24.57	24.14	23.33	23.88	23.98	25.34	24.33	25.99	25.49	25.38
1996	24.01	23.60	24.07	24.84	24.29	23.57	23.85	22.38	24.57	25.01	26.83	25.16
1997	25.90	23.11	25.54	25.85	23.84	26.44	23.88	23.39	25.80	26.29	24.91	24.16

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	24.16	25.09	24.20	25.01	24.62	23.63	23.53	24.53	25.97	25.38	25.78	25.71
1999	23.99	22.76	23.27	22.48	22.62	23.42	21.79	23.73	24.73	24.35	25.89	23.77
2000	24.78	23.42	22.88	22.86	23.79	23.25	23.53	23.03	24.35	24.97	26.31	23.84
2001	22.74	22.46	23.51	23.28	23.73	21.94	22.16	22.83	24.10	25.53	24.98	25.01
2002	24.77	23.74	24.01	24.44	23.84	23.39	22.70	23.61	25.02	24.53	24.03	24.67
2003	24.31	24.35	23.93	23.68	23.31	23.81	23.16	24.13	25.43	25.76	26.39	25.17
2004	26.51	25.12	23.95	24.64	24.75	22.48	22.75	23.69	24.24	25.16	25.61	25.00
2005	25.56	23.69	24.10	24.63	25.06	24.34	24.75	24.51	24.44	25.17	25.70	24.37
2006	23.73	23.04	23.40	24.74	23.92	23.82	23.07	23.83	24.55	26.33	26.10	24.85
2007	23.60	24.44	24.22	23.93	23.83	21.83	23.71	23.34	23.32	24.57	23.52	23.66
2008	22.80	23.81	24.06	23.50	23.30	24.05	23.24	24.46	24.00	24.43	25.09	26.04
2009	23.23	22.94	23.70	23.64	24.34	24.15	23.65	24.12	24.13	26.37	26.25	25.27
2010	23.87	24.42	24.67	25.35	25.49	23.92	25.80	25.25	24.93	26.11	26.05	24.43
2011	24.27	24.24	24.48	23.69	23.63	23.83	22.72	23.72	22.96	24.77	25.21	23.42
2012	22.91	23.33	23.27	24.55	23.44	23.66	23.04	23.79	24.27	24.52	25.58	24.75
2013	23.19	24.03	24.92	25.75	24.70	22.60	22.30	23.63	24.55	24.82	27.11	24.69
2014	24.83	24.58	23.39	24.07	24.35	23.05	23.83	23.17	25.38	25.13	25.96	25.13
2015	23.31	24.44	24.23	23.88	24.27	23.24	23.29	24.21	24.63	25.50	26.08	24.68
2016	27.14	23.73	24.93	25.93	25.52	23.59	23.70	24.22	24.95	27.41	27.37	25.81
2017	24.68	25.30	24.89	23.20	21.72	22.39	23.33	26.07	25.39	25.74	21.58	20.99
2018	22.66	24.08	21.90	24.34	23.12	24.30	24.33	25.62	26.69	26.00	25.17	24.01
2019	23.50	22.50	22.88	23.16	24.06	22.86	23.83	24.73	25.58	25.09	24.95	23.30

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	34.80	169.80	106.50	90.50	44.60	33.10	17.20	95.20	8.90	90.80	62.10	1.50
1976	84.60	92.00	50.40	78.40	20.90	29.10	34.10	33.50	4.50	2.40	18.10	75.70
1977	87.10	118.70	101.20	83.30	24.00	32.60	10.80	7.00	22.00	28.40	34.10	29.20
1978	16.80	20.00	100.20	58.40	48.50	30.60	2.00	12.40	12.70	17.40	9.30	27.30
1979	47.90	11.60	112.70	0.00	0.00	0.70	0.00	9.70	39.40	13.70	10.30	10.40
1980	23.50	35.90	50.90	99.40	22.10	8.70	2.90	2.80	11.20	49.90	64.40	59.60
1981	29.90	95.20	86.80	39.10	19.30	15.50	5.30	19.20	0.50	42.10	17.80	60.10
1982	34.90	53.50	61.30	111.40	29.30	0.50	4.20	0.50	20.50	46.80	53.70	76.80
1983	134.70	57.60	100.70	27.90	25.70	3.80	2.80	3.70	7.80	51.70	30.50	70.10
1984	39.70	231.60	92.10	64.20	49.60	0.00	13.40	7.30	6.50	55.10	93.70	37.60
1985	33.50	12.60	11.80	31.20	25.30	1.90	4.40	14.30	2.90	37.20	8.50	71.20
1986	58.60	53.20	34.00	79.70	4.20	0.40	8.50	13.50	25.80	23.50	48.70	50.80
1987	46.70	44.30	43.60	66.20	34.00	1.00	42.60	39.40	7.80	46.10	29.20	17.60
1988	60.70	76.90	22.00	43.60	32.30	12.10	16.30	8.20	23.50	32.00	69.50	63.40
1989	84.90	77.30	99.60	48.20	23.60	18.40	1.00	2.10	10.90	82.80	2.20	9.90
1990	35.30	35.10	30.00	44.40	33.10	21.30	2.10	3.60	2.80	51.70	59.50	40.60
1991	32.50	34.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	0.80	14.50	9.10	31.50
1992	30.30	44.00	29.50	28.30	3.90	12.40	0.00	3.30	17.50	20.30	37.10	0.00
1993	69.30	110.10	252.20	67.20	34.80	1.20	8.70	2.40	15.70	66.80	63.20	144.90
1994	64.90	111.20	118.50	140.60	34.50	9.10	4.50	34.40	25.50	11.30	57.80	43.20
1995	38.60	28.10	89.10	62.80	40.50	3.10	35.00	3.10	4.70	13.70	78.80	65.20
1996	46.90	53.30	90.40	33.70	17.40	6.90	4.80	8.30	5.20	37.80	16.50	16.10
1997	49.80	54.70	30.00	31.40	9.00	3.60	8.60	0.50	10.90	46.40	107.20	41.00

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	53.70	79.90	82.10	79.20	42.30	13.80	12.20	0.60	4.20	68.00	42.10	23.00
1999	90.80	163.60	137.40	58.30	99.90	22.10	17.70	6.60	47.20	32.50	39.00	93.50
2000	41.50	124.60	132.90	78.90	72.40	23.60	1.50	9.10	68.80	1.40	2.00	65.70
2001	63.20	54.80	89.30	56.90	19.80	64.40	38.60	10.00	23.70	26.60	70.70	55.20
2002	27.40	100.80	84.60	119.50	24.20	1.40	22.60	0.00	5.00	80.70	26.70	37.60
2003	35.30	50.30	58.50	51.80	24.20	35.40	6.10	0.90	3.50	19.00	54.70	34.60
2004	48.60	11.50	26.50	98.90	29.20	7.20	10.40	0.20	9.30	72.00	82.00	78.10
2005	27.10	103.50	129.20	70.20	31.20	8.10	0.30	0.00	8.50	50.10	26.30	83.90
2006	40.60	111.60	138.50	69.90	19.50	8.30	1.90	0.80	7.30	53.10	61.70	60.60
2007	44.80	13.00	51.00	99.70	38.60	54.50	3.40	15.80	4.60	85.40	112.80	60.60
2008	52.10	0.00	103.70	70.90	49.80	9.10	22.80	20.20	4.90	73.80	69.30	8.80
2009	150.10	108.40	83.30	65.80	13.20	8.80	7.20	8.00	3.90	4.90	33.70	44.90
2010	47.50	105.10	32.10	65.80	43.10	16.90	10.80	2.60	28.10	40.60	68.20	53.80
2011	38.80	139.40	61.50	161.50	29.80	19.10	35.80	4.40	53.40	51.50	116.50	121.60
2012	144.00	157.90	70.90	43.30	22.10	17.40	6.50	11.30	2.80	138.20	103.50	69.70
2013	53.30	49.10	42.90	15.00	85.90	11.10	15.30	3.50	9.50	96.80	0.50	0.00
2014	28.00	23.10	166.00	14.20	87.20	26.00	3.00	17.50	3.40	58.90	63.90	59.60
2015	93.30	22.40	157.30	52.80	13.60	22.20	9.20	0.50	1.00	21.00	26.60	7.40
2016	80.00	70.50	68.30	81.70	5.90	21.30	15.60	0.00	24.70	5.60	13.30	82.10
2017	69.00	64.20	246.70	117.50	50.40	4.70	1.30	7.20	4.20	9.90	4.00	14.60
2018	73.00	0.00	1.90	72.50	34.30	0.80	0.50	0.10	0.00	5.70	31.60	17.60
2019	122.10	282.90	297.70	142.00	0.00	0.00	3.20	0.00	1.10	12.50	6.20	59.30

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	6.00	14.00	25.50	29.30	13.00	5.00	12.00	16.00	7.00	20.00	30.00	1.50
1976	12.00	17.00	20.00	48.00	6.80	12.00	10.00	12.00	2.50	0.80	7.00	30.00
1977	26.00	15.00	25.00	16.40	7.40	7.20	3.80	6.20	11.00	7.00	7.20	9.30
1978	10.00	6.00	33.90	16.00	9.00	9.00	1.20	4.20	3.30	5.80	3.90	8.00
1979	15.60	3.90	18.00	0.00	0.00	0.70	0.00	3.10	13.20	6.00	4.70	2.70
1980	11.00	13.20	11.90	18.40	4.50	4.50	0.90	1.00	6.00	18.00	15.20	11.70
1981	5.40	26.40	27.90	6.40	2.80	5.20	3.10	5.90	0.50	15.80	5.50	5.60
1982	6.40	13.50	19.30	24.40	5.30	0.30	1.30	0.20	9.20	10.00	20.80	14.90
1983	34.50	16.90	21.60	9.30	5.40	2.00	1.60	2.00	2.20	13.40	15.20	17.30
1984	9.10	42.60	13.70	14.60	8.30	0.00	8.30	3.90	4.30	8.80	17.10	7.10
1985	7.80	3.30	3.00	14.70	10.40	1.90	2.20	9.80	1.70	23.50	2.90	9.80
1986	16.50	14.90	10.40	19.20	1.50	0.40	4.90	5.60	13.90	7.10	12.10	15.10
1987	10.20	8.50	16.90	23.50	9.20	0.80	12.30	24.40	1.70	10.80	7.00	3.60
1988	9.40	22.80	4.10	10.00	16.20	10.90	5.70	2.80	17.20	6.60	11.30	19.30
1989	10.80	15.00	14.10	11.20	7.20	4.40	0.30	1.20	2.80	21.30	0.90	3.00
1990	8.90	8.10	8.50	6.40	7.60	3.90	1.30	2.00	1.40	12.90	10.00	8.20
1991	10.70	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.30	2.70	2.70	10.00
1992	11.50	10.00	7.50	7.70	1.60	5.00	0.00	3.00	7.40	10.70	14.30	0.00
1993	18.00	32.00	42.60	39.20	15.00	0.40	7.80	0.80	7.30	18.80	21.80	34.80
1994	21.40	36.80	43.40	41.50	18.60	3.60	2.70	17.20	8.50	3.00	32.80	8.00
1995	16.00	6.00	20.40	29.50	9.40	1.30	14.70	1.90	2.60	5.00	34.80	13.60
1996	18.90	18.20	34.80	10.20	4.80	2.80	3.30	3.10	1.70	15.80	5.10	6.20
1997	9.10	10.60	6.90	6.10	3.20	1.60	3.50	0.30	7.90	21.50	24.40	11.80

AÑO	HUANCABAMBA (1959 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	20.70	12.00	28.10	16.40	11.00	6.20	3.20	0.20	2.10	12.60	16.00	7.80
1999	16.00	23.10	29.10	8.80	23.40	9.40	5.80	3.10	19.20	20.60	19.80	21.50
2000	13.70	21.00	27.20	11.30	25.20	10.20	0.50	4.00	14.80	1.40	1.00	8.80
2001	10.40	19.10	18.90	15.30	4.30	15.20	13.70	2.50	9.70	6.60	12.40	23.50
2002	8.90	33.50	19.50	21.40	14.20	0.60	5.20	0.00	1.80	22.70	8.80	9.80
2003	6.80	19.60	25.20	13.40	4.80	15.50	5.00	0.90	1.30	4.00	16.00	7.60
2004	24.60	2.70	13.60	22.60	18.20	3.30	3.10	0.20	2.80	16.50	19.10	17.00
2005	7.70	21.00	19.00	27.80	10.20	1.90	0.30	0.00	4.40	10.00	5.60	20.40
2006	5.30	23.50	12.00	18.20	12.30	5.20	1.30	0.40	4.50	34.60	24.70	21.90
2007	21.80	4.10	12.50	35.00	4.40	10.00	2.10	4.40	2.50	23.50	33.80	18.80
2008	13.20	17.96	35.40	10.20	10.80	1.80	4.80	4.70	1.80	22.80	11.70	2.50
2009	15.40	28.00	31.40	9.50	2.70	5.80	3.40	5.00	3.70	3.50	9.30	9.00
2010	19.20	25.00	16.00	20.00	10.90	7.00	4.40	1.80	13.00	22.00	19.00	15.00
2011	8.00	29.20	11.50	40.00	10.00	6.00	7.50	3.00	20.00	8.00	25.00	26.00
2012	18.00	34.50	35.00	9.50	8.00	7.00	1.80	6.60	1.50	27.00	16.50	15.50
2013	9.20	12.50	9.50	7.00	20.80	5.50	6.00	2.00	3.50	40.00	0.50	0.00
2014	9.00	4.50	43.00	4.50	26.00	4.00	1.00	5.50	1.60	15.00	14.50	12.70
2015	18.00	8.50	21.50	9.20	3.50	6.50	5.00	0.50	1.00	11.00	5.00	2.50
2016	14.00	15.20	22.00	31.50	3.50	6.20	5.50	0.00	18.50	1.50	9.00	20.00
2017	22.70	14.00	31.40	32.30	12.00	3.10	0.70	2.80	4.20	9.50	2.20	12.70
2018	30.20	18.94	1.60	23.40	9.70	0.20	0.40	0.10	0.00	3.40	6.30	2.90
2019	14.10	43.90	72.50	66.20	10.71	5.13	1.60	0.00	1.10	4.40	3.60	11.40

ANEXO 1.4
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN HUARMACA
(1975 - 2019)

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	11.43	11.59	12.34	12.07	11.66	11.70	10.41	11.03	10.93	10.45	10.27	9.35
1976	10.73	10.73	11.30	11.20	11.73	11.54	11.97	11.27	11.95	11.20	11.05	11.51
1977	12.67	12.44	13.33	12.45	12.12	12.28	12.08	10.73	12.40	11.21	11.28	11.47
1978	11.01	11.92	11.03	11.59	11.97	11.72	13.46	12.75	11.35	10.90	11.28	10.97
1979	10.38	10.08	12.22	11.98	11.41	11.23	10.96	11.47	10.82	10.06	9.86	10.12
1980	11.21	9.86	12.97	12.54	13.20	13.76	12.51	12.69	11.64	11.90	10.93	11.50
1981	10.67	12.04	12.03	12.50	11.66	12.03	12.07	11.67	11.96	11.29	11.07	11.92
1982	11.25	11.63	11.66	11.65	12.23	12.50	11.77	13.32	12.08	11.88	12.11	13.11
1983	13.90	13.99	13.91	14.06	13.69	12.83	12.48	12.41	12.01	11.60	11.45	11.98
1984	10.40	12.00	11.92	12.16	12.49	11.89	11.57	11.24	10.93	11.11	10.26	11.44
1985	10.54	11.17	11.55	11.35	11.48	12.20	11.41	11.64	11.04	10.87	10.35	11.11
1986	12.32	11.54	11.19	12.50	12.28	12.06	12.76	12.20	12.52	11.57	11.40	11.75
1987	12.99	13.23	12.72	12.98	12.43	13.32	12.38	12.82	12.21	11.93	12.02	11.64
1988	12.33	12.89	12.11	11.93	12.34	11.36	11.33	11.18	11.33	11.50	11.53	10.88
1989	12.07	12.21	11.16	12.31	11.84	11.96	11.75	11.76	11.43	12.09	10.87	10.70
1990	12.20	11.78	12.58	12.80	12.87	13.28	12.47	12.55	12.31	11.69	11.87	11.44
1991	11.88	12.33	12.71	12.60	12.65	13.06	12.59	12.87	12.37	12.41	11.47	12.04
1992	12.42	12.39	13.40	13.68	12.65	12.57	11.76	11.73	11.39	11.15	10.63	10.55
1993	11.32	11.76	11.99	13.17	12.25	12.45	12.05	12.04	11.75	11.59	11.18	11.35
1994	11.85	12.13	12.13	12.55	12.20	12.52	12.28	11.56	12.44	11.34	11.41	11.70
1995	12.35	12.06	12.05	12.12	12.07	12.01	12.02	11.97	12.49	11.14	11.86	11.12
1996	11.23	12.19	13.11	11.93	11.98	11.87	12.58	12.40	11.97	11.34	10.16	10.56
1997	10.41	12.26	12.17	13.12	13.20	11.51	13.50	13.91	13.29	12.71	11.72	13.12

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	13.85	14.37	14.69	13.72	13.46	12.90	12.75	12.28	11.49	11.82	11.24	10.75
1999	11.49	12.55	13.96	13.71	12.96	12.31	11.67	12.44	11.60	11.11	10.96	11.61
2000	10.93	12.21	12.18	12.71	12.41	12.25	11.34	11.55	11.41	10.69	9.63	12.03
2001	11.89	12.28	12.60	12.85	12.63	11.82	12.04	13.03	11.45	12.30	11.77	12.52
2002	12.40	13.20	13.54	12.94	12.67	12.65	12.84	13.05	12.18	12.36	12.65	12.93
2003	12.87	13.29	12.55	13.42	13.07	12.28	12.58	12.68	12.57	11.73	11.89	11.40
2004	11.18	12.72	13.08	12.78	12.88	12.85	12.39	12.45	12.08	11.74	12.06	12.07
2005	11.43	12.74	13.61	14.02	12.69	13.10	13.15	13.30	13.30	12.20	11.74	11.46
2006	12.21	13.51	13.19	13.15	12.84	13.23	13.72	14.31	13.30	12.12	12.22	12.61
2007	13.15	12.31	12.75	13.25	12.51	12.60	12.38	12.60	13.03	12.01	12.29	11.14
2008	11.63	11.68	11.88	12.25	11.74	11.78	11.95	11.87	12.28	11.80	11.97	10.50
2009	12.12	12.51	12.55	12.32	12.64	12.62	12.85	12.87	13.11	12.95	11.99	12.51
2010	12.82	13.80	14.05	14.18	14.01	12.76	12.15	13.12	11.92	11.14	10.43	10.46
2011	11.20	11.38	11.27	13.23	12.68	12.66	12.26	13.06	13.12	11.22	11.93	12.24
2012	12.36	11.89	12.94	17.09	12.75	12.86	13.66	13.22	12.69	13.00	12.37	11.89
2013	12.51	12.10	13.01	12.83	12.74	12.82	12.17	12.44	12.13	12.64	11.81	11.69
2014	12.06	12.39	12.57	13.19	13.20	13.29	12.67	12.10	12.47	12.68	12.44	12.54
2015	12.94	12.18	12.78	13.07	12.96	13.69	13.11	13.56	13.61	12.83	12.86	13.51
2016	13.25	13.94	13.73	13.82	13.35	12.78	12.43	12.96	14.23	13.29	12.41	12.65
2017	12.32	12.86	13.34	13.54	13.45	12.57	12.34	13.02	13.56	13.11	12.24	12.51
2018	12.47	11.98	12.52	12.69	13.18	12.67	13.04	13.23	12.73	12.76	12.93	12.22
2019	12.86	13.20	13.15	13.32	12.92	13.37	13.21	13.51	13.50	12.70	13.13	13.17

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	17.61	15.22	17.70	17.81	18.05	18.84	18.81	19.25	18.57	17.00	17.77	16.91
1976	15.18	14.96	16.78	17.46	19.22	19.77	20.78	20.74	21.21	18.99	19.06	18.67
1977	16.81	18.06	19.04	18.01	20.43	20.31	21.73	19.33	21.06	20.08	19.23	18.77
1978	17.95	18.41	17.10	17.29	19.05	20.70	21.69	21.44	19.71	19.90	18.36	17.71
1979	15.08	15.66	16.99	18.68	18.84	20.64	19.95	19.64	18.95	18.85	18.82	18.34
1980	18.13	14.20	19.51	18.76	19.95	21.38	21.08	21.23	20.44	18.40	17.46	18.35
1981	16.23	16.11	17.33	18.40	19.35	20.34	20.95	19.66	20.51	18.55	18.74	17.62
1982	17.15	17.37	16.64	18.42	18.85	21.39	20.91	21.89	19.84	19.20	19.41	18.40
1983	18.37	19.21	18.66	18.39	19.25	21.31	21.43	22.05	20.05	18.89	19.33	17.58
1984	17.13	16.50	17.15	17.72	18.74	18.65	19.48	20.18	19.47	18.51	17.81	17.54
1985	15.25	18.06	18.12	18.06	19.13	21.16	20.67	20.42	19.45	18.88	19.04	17.32
1986	16.84	15.70	18.23	17.45	19.36	20.93	21.38	20.07	21.59	19.21	18.88	18.65
1987	17.99	19.90	18.56	19.37	20.21	22.50	20.33	21.63	20.61	19.78	19.43	19.67
1988	16.89	17.02	18.48	17.43	19.18	19.77	19.94	20.26	19.56	18.70	17.46	16.81
1989	16.41	16.25	16.19	18.48	19.27	19.31	20.26	19.88	18.71	18.24	19.22	18.07
1990	18.52	15.81	18.88	16.96	18.82	19.44	20.99	21.41	20.94	17.50	18.49	18.35
1991	18.48	17.33	16.49	19.04	19.13	20.41	21.38	20.71	19.77	19.50	18.56	16.54
1992	18.02	18.49	20.32	20.36	18.87	22.24	22.49	22.64	20.81	20.68	19.21	18.38
1993	18.12	16.33	19.00	20.30	20.04	20.57	20.83	20.92	20.10	18.99	18.74	17.89
1994	17.36	17.14	18.14	18.52	20.61	22.11	21.85	21.93	22.43	20.35	20.16	19.15
1995	19.29	17.88	18.90	20.45	20.65	22.24	21.57	23.21	21.96	19.88	18.85	18.08
1996	16.86	17.67	17.60	18.30	20.58	20.19	22.69	21.89	22.10	19.62	20.05	19.69
1997	16.83	18.75	20.07	19.70	22.65	21.10	22.56	22.70	19.90	20.90	19.13	20.40

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	22.02	22.17	21.95	19.72	21.75	23.59	23.27	21.96	20.76	20.02	19.32	19.16
1999	17.86	16.31	19.74	19.35	19.78	19.73	21.24	22.02	18.35	19.59	18.05	16.72
2000	17.02	17.22	17.70	18.17	18.85	20.64	22.35	22.77	19.55	21.79	20.44	19.36
2001	17.21	18.84	19.38	20.48	21.04	21.63	22.24	22.78	21.16	22.19	18.68	19.14
2002	19.02	18.40	19.66	18.59	21.11	21.19	21.49	22.98	21.68	20.56	20.35	20.00
2003	19.35	18.43	18.30	20.40	20.32	19.47	21.36	21.58	20.79	18.84	18.70	18.08
2004	17.16	17.46	19.09	18.33	19.81	22.61	20.56	21.55	20.45	18.00	18.54	16.99
2005	17.01	16.00	16.85	19.13	19.46	20.24	20.55	21.05	20.14	18.05	19.23	16.73
2006	16.61	15.96	17.39	17.58	20.06	19.67	20.57	21.11	20.24	19.97	18.40	18.22
2007	18.29	18.27	17.31	18.39	18.83	20.23	20.06	20.04	21.64	18.85	18.40	17.55
2008	15.65	16.51	17.30	18.19	19.02	20.64	20.51	20.51	20.82	18.80	18.54	18.17
2009	16.17	17.83	17.48	18.89	20.36	21.68	21.90	22.45	23.04	21.69	20.38	19.21
2010	19.82	19.22	19.72	20.09	20.67	20.27	19.82	21.64	19.75	19.54	18.94	16.45
2011	15.88	15.94	18.03	17.42	20.42	19.96	20.24	21.82	21.49	18.92	18.78	17.35
2012	15.49	16.18	19.43	18.70	20.15	21.33	22.45	21.38	22.67	20.23	19.57	20.02
2013	18.68	18.34	19.16	20.48	19.36	20.90	21.10	21.23	22.49	20.95	21.76	20.52
2014	17.08	18.17	18.81	20.94	20.12	20.91	20.78	22.08	22.06	21.68	20.60	20.07
2015	19.30	18.08	17.81	19.72	20.57	21.07	21.28	22.47	22.99	21.56	21.06	22.46
2016	18.78	20.37	19.99	20.40	21.03	20.37	20.88	21.97	22.01	20.79	21.40	18.62
2017	16.94	18.82	18.38	19.85	21.15	20.57	20.99	21.53	21.47	20.13	20.96	19.30
2018	18.54	16.87	17.88	18.84	19.04	20.77	20.96	21.80	21.95	21.28	19.79	20.58
2019	18.78	18.60	19.18	19.04	19.41	20.91	21.13	21.41	21.97	19.87	20.44	18.75

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	71.20	253.40	348.60	212.20	71.30	22.80	18.90	45.00	6.60	88.50	23.30	12.90
1976	3.30	349.20	237.50	130.00	54.60	13.40	2.50	6.50	3.20	2.80	13.50	60.10
1977	149.60	206.30	244.90	239.80	24.00	17.10	2.20	2.90	21.20	7.20	36.50	0.00
1978	38.40	126.70	216.30	151.80	84.70	4.40	2.90	3.40	6.00	8.80	14.90	20.20
1979	170.70	62.30	415.10	86.40	18.40	0.20	0.00	6.80	11.70	0.40	5.10	9.90
1980	38.70	139.00	116.80	129.10	18.00	2.30	0.10	1.10	0.00	62.20	29.10	73.70
1981	76.20	188.70	348.70	101.30	9.50	4.80	0.30	13.90	0.00	47.40	6.50	40.80
1982	86.80	136.40	48.70	154.30	37.40	1.00	2.10	0.10	7.80	54.70	81.50	576.40
1983	355.40	297.80	616.80	289.90	172.10	33.30	11.00	0.30	13.30	53.50	29.00	95.40
1984	107.20	456.30	231.30	122.40	51.50	17.70	13.40	1.70	27.50	66.60	29.90	44.80
1985	139.30	97.60	168.40	45.50	44.00	0.40	0.30	7.10	0.80	12.10	1.70	80.70
1986	119.60	182.10	92.10	242.30	13.70	0.00	0.00	14.30	7.00	9.60	42.30	88.00
1987	149.00	81.40	319.40	155.60	14.60	0.50	24.10	8.10	0.80	35.90	12.40	15.10
1988	170.70	186.40	25.40	85.10	40.90	0.30	4.80	0.00	6.40	3.90	69.80	62.10
1989	188.20	277.20	557.50	123.50	18.40	10.40	0.30	0.20	12.10	45.00	1.10	18.40
1990	36.10	145.30	105.30	160.20	20.50	8.40	4.30	3.30	0.40	87.50	90.00	50.80
1991	23.50	126.70	278.10	66.90	30.20	13.30	0.00	0.00	0.00	20.10	10.30	96.20
1992	113.30	148.30	249.60	311.60	157.40	19.70	0.70	5.70	4.50	0.00	41.90	66.10
1993	75.00	300.20	473.80	235.20	56.60	10.40	5.89	4.07	7.28	33.42	32.84	61.76
1994	112.19	200.15	250.09	154.83	36.00	7.80	0.00	2.10	17.20	6.00	6.70	113.40
1995	98.40	274.30	219.20	90.50	25.60	0.90	10.10	2.70	4.90	7.80	15.70	104.60
1996	63.50	93.60	179.00	81.80	15.50	3.50	1.90	1.50	0.30	18.60	5.30	29.60
1997	58.60	99.20	172.20	135.90	7.00	9.00	5.30	1.00	37.80	18.90	88.60	378.40

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	169.30	371.70	444.90	432.80	86.80	4.70	1.20	4.90	12.00	38.90	32.60	72.70
1999	142.80	540.40	288.00	154.80	114.30	21.40	5.10	1.60	8.30	20.50	0.00	0.00
2000	112.60	316.20	517.80	244.30	119.30	27.50	0.00	4.00	44.80	0.30	1.30	81.30
2001	221.50	340.90	0.50	125.10	27.60	5.20	1.70	5.00	13.90	10.00	64.50	54.10
2002	23.20	320.50	380.60	271.10	31.10	8.70	4.70	0.80	0.00	77.20	28.50	97.90
2003	129.70	202.60	127.80	78.50	24.10	31.60	1.20	0.50	2.60	3.30	20.80	57.60
2004	83.60	75.00	114.20	121.20	19.40	4.90	3.30	0.00	7.50	59.20	14.90	80.50
2005	39.70	231.30	451.10	68.80	12.10	1.40	0.00	0.00	6.60	24.60	12.70	98.00
2006	56.90	405.30	571.20	126.20	13.90	20.40	6.50	0.00	10.10	6.30	76.10	74.50
2007	102.20	106.40	237.90	121.40	34.10	8.90	4.30	0.40	5.00	55.10	75.60	16.20
2008	310.40	611.20	496.80	434.30	40.60	12.50	2.30	13.40	3.10	59.70	59.60	31.20
2009	326.50	320.80	409.10	128.10	99.80	7.10	1.40	6.20	1.70	5.10	18.40	101.50
2010	110.30	333.20	211.10	209.20	44.00	9.00	3.70	0.90	4.40	16.80	21.10	72.20
2011	117.20	228.40	65.10	310.10	55.90	9.00	18.90	0.70	16.80	47.20	58.70	108.70
2012	277.50	626.70	252.80	272.30	25.70	3.90	0.20	3.00	1.20	82.70	98.70	23.20
2013	65.60	74.60	183.80	42.00	115.40	1.60	5.00	8.40	5.20	76.70	0.50	38.40
2014	148.99	74.30	227.20	17.50	68.60	10.10	0.00	1.50	0.50	41.00	54.80	59.70
2015	196.30	117.50	523.50	94.10	39.30	7.20	4.70	0.00	1.30	17.90	113.80	9.40
2016	234.90	178.30	205.50	159.60	24.40	41.40	2.60	4.50	20.70	14.80	11.90	65.50
2017	220.20	407.60	732.30	195.20	147.70	11.70	1.00	17.00	13.70	39.20	6.40	39.00
2018	135.90	124.40	63.20	213.50	88.50	4.80	0.00	0.00	0.50	12.40	67.80	14.30
2019	123.80	339.00	315.00	147.10	40.70	18.30	8.10	5.30	3.80	31.50	52.60	130.30

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	12.90	29.20	38.60	32.00	12.50	3.50	10.10	20.70	1.70	19.50	11.20	4.60
1976	3.30	24.80	27.90	27.30	15.00	3.00	1.90	3.00	1.70	1.60	4.10	13.70
1977	13.60	35.80	54.20	38.20	5.40	6.90	1.40	1.80	10.70	1.50	17.90	0.00
1978	8.90	22.10	68.20	25.50	13.30	1.70	1.50	2.90	5.00	3.50	8.10	7.40
1979	40.10	10.50	39.30	18.00	5.60	0.20	0.00	1.70	2.90	0.30	1.90	2.90
1980	13.30	16.50	33.30	33.80	4.80	1.20	0.10	0.50	0.00	8.90	7.70	14.00
1981	13.90	22.20	57.20	15.60	1.60	2.70	0.20	4.20	0.00	17.20	3.40	8.60
1982	16.40	25.40	5.80	24.20	11.00	1.00	1.30	0.10	5.00	12.40	24.70	54.90
1983	54.30	47.90	107.30	25.10	38.50	16.80	5.50	0.20	5.40	7.70	8.00	12.80
1984	24.30	42.20	25.00	11.60	6.70	2.70	5.50	1.20	7.10	17.10	6.60	6.50
1985	18.10	40.20	27.40	10.90	11.90	0.40	0.30	5.10	0.50	3.20	0.80	23.00
1986	14.00	20.90	54.80	21.40	1.50	0.00	0.00	5.80	2.10	3.10	10.80	16.40
1987	24.20	13.30	41.60	24.80	5.30	0.30	8.00	6.20	0.20	17.00	7.30	6.00
1988	27.50	27.70	4.90	15.10	23.20	0.20	2.10	0.00	1.30	3.00	13.30	6.10
1989	17.30	32.20	77.60	20.90	11.30	2.40	0.30	0.10	6.30	5.30	0.50	8.90
1990	4.70	16.10	11.30	36.80	13.70	2.10	3.80	2.50	0.20	23.60	19.10	9.80
1991	13.00	38.50	35.00	19.40	6.70	4.60	0.00	0.00	0.00	10.50	5.10	32.60
1992	10.70	18.60	34.60	76.80	39.80	13.60	0.70	5.20	0.80	0.00	14.70	18.70
1993	29.00	30.30	35.20	30.80	6.30	4.31	2.62	2.63	2.39	9.05	8.62	14.08
1994	18.28	28.00	34.74	26.85	7.30	2.40	0.00	1.60	5.40	3.30	5.10	34.10
1995	15.80	68.00	42.80	19.50	5.90	0.40	4.70	1.20	2.30	3.10	3.20	16.40
1996	12.70	17.40	20.60	19.60	3.90	2.30	1.00	1.20	0.30	5.60	2.80	6.10
1997	8.30	16.00	42.80	33.90	1.40	3.20	3.10	0.60	7.40	4.90	20.40	64.80

AÑO	HUARMACA (2171 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	33.00	34.50	86.30	59.40	22.70	2.50	0.40	3.00	3.60	8.70	6.80	14.80
1999	33.20	67.50	23.50	18.50	22.60	3.70	2.60	0.90	3.50	7.20	0.00	0.00
2000	34.30	33.40	56.30	25.10	18.10	5.20	0.00	2.10	9.70	0.30	0.80	16.20
2001	49.30	56.90	0.50	34.00	3.30	1.60	0.70	1.80	7.70	2.90	12.20	6.50
2002	5.90	79.10	51.80	55.30	7.70	2.30	2.00	0.60	0.00	16.80	6.00	17.20
2003	26.10	23.10	32.00	15.50	10.40	17.30	0.70	0.50	2.30	1.00	4.10	27.30
2004	12.70	7.10	37.70	28.50	7.80	4.80	2.00	0.00	4.90	20.10	4.10	11.20
2005	10.00	30.60	43.20	11.70	2.60	0.50	0.00	0.00	4.60	8.80	5.00	16.40
2006	11.70	32.30	45.20	32.40	7.90	7.70	5.00	0.00	8.90	2.30	22.00	14.50
2007	13.60	27.50	35.80	20.80	7.50	5.30	1.30	0.20	3.20	12.10	17.40	4.20
2008	47.50	57.80	45.80	79.80	7.50	2.00	1.60	4.20	1.60	15.00	12.00	5.40
2009	40.00	30.00	42.70	24.90	28.20	5.00	1.20	3.60	0.90	3.60	3.70	13.10
2010	15.00	84.00	50.90	26.40	11.90	3.00	2.40	0.40	1.40	11.40	8.40	21.30
2011	24.60	37.50	15.00	40.70	18.20	1.80	4.80	0.50	4.50	10.10	9.10	9.20
2012	24.80	50.40	34.80	37.00	6.80	1.80	0.20	1.70	0.50	21.80	22.80	4.60
2013	10.00	13.00	25.80	9.50	16.70	1.60	2.70	7.40	3.10	21.40	0.30	9.90
2014	20.99	7.80	30.90	7.60	10.40	2.80	0.00	0.70	0.30	18.10	11.50	16.30
2015	39.20	14.60	79.80	17.10	10.10	2.60	1.00	0.00	1.30	3.90	31.40	2.90
2016	31.80	37.00	33.20	39.80	8.40	30.50	0.90	4.50	19.40	6.20	3.10	19.10
2017	23.10	39.20	54.40	45.20	21.20	8.80	0.60	7.80	13.20	12.80	2.30	8.50
2018	31.80	28.70	14.60	108.90	21.70	3.10	0.00	0.00	0.50	5.70	16.50	4.40
2019	21.90	101.20	64.30	35.00	7.90	13.20	2.90	4.80	3.80	9.60	21.60	31.90

ANEXO 1.5
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN SAUSAL DE CULUCAN
(1975 - 2019)

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	16.50	17.08	18.05	17.75	16.33	15.74	14.96	15.56	15.45	15.41	15.20	15.45
1976	16.85	16.48	17.69	18.22	17.66	16.49	15.28	15.36	15.86	16.18	17.15	17.84
1977	18.21	18.02	18.51	16.95	15.55	14.89	14.94	14.44	13.69	15.06	15.90	16.99
1978	17.69	18.63	18.17	17.81	16.90	15.65	16.11	14.63	16.36	15.29	16.88	16.88
1979	18.06	18.68	18.16	18.09	17.68	15.24	15.44	15.86	15.99	16.38	15.74	16.49
1980	17.99	18.25	17.94	18.11	16.80	16.20	15.31	15.79	15.59	17.04	16.44	16.67
1981	17.19	18.31	18.65	17.97	16.46	15.64	15.59	15.74	15.90	16.33	16.12	16.76
1982	17.61	18.62	18.62	18.05	18.03	16.34	16.41	15.41	16.47	16.79	18.16	19.08
1983	20.19	19.96	20.09	19.75	19.83	18.10	17.04	17.14	17.18	16.82	17.04	17.24
1984	17.21	18.26	18.35	18.24	17.32	16.72	15.94	15.59	16.65	16.15	16.20	17.81
1985	17.53	17.95	18.52	18.24	16.70	16.04	15.85	15.63	16.60	16.06	15.22	16.93
1986	18.11	18.07	18.10	18.51	17.77	15.82	14.97	15.97	15.73	16.35	16.89	17.61
1987	18.33	19.83	19.60	19.54	18.22	17.33	17.56	16.05	17.11	17.06	17.06	17.94
1988	18.54	18.96	18.23	18.72	18.06	15.89	15.75	15.71	16.55	16.66	16.18	16.85
1989	17.61	18.22	18.29	18.21	17.15	16.78	14.68	15.81	16.29	16.59	16.47	16.49
1990	17.67	18.73	18.98	18.27	16.91	16.48	15.58	15.42	16.41	16.36	16.76	16.63
1991	17.77	18.69	19.12	18.27	17.78	16.84	15.74	15.36	15.81	16.33	16.52	17.99
1992	18.92	19.06	19.69	19.74	18.79	17.49	15.18	15.99	16.49	16.54	16.37	17.46
1993	17.62	18.50	18.41	18.79	17.85	16.75	15.83	15.87	16.48	16.35	16.11	17.24
1994	17.47	18.05	18.73	18.28	17.84	16.26	14.77	15.43	16.15	16.14	16.25	17.38
1995	17.65	17.91	18.56	18.08	17.85	17.05	15.93	15.32	15.74	16.78	16.92	17.05
1996	17.37	17.99	18.64	18.18	17.39	16.29	15.94	15.77	16.46	16.14	16.23	16.60
1997	17.37	18.34	19.05	18.82	19.15	18.29	16.97	17.16	17.82	17.67	18.63	19.93

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	20.44	20.67	20.34	20.29	18.67	17.93	16.87	16.80	16.26	16.76	16.95	16.42
1999	17.33	17.88	17.77	18.53	17.95	16.94	15.23	14.70	16.73	16.29	16.28	16.95
2000	17.06	17.86	17.69	18.35	18.12	16.26	15.47	16.01	16.42	16.30	14.78	16.59
2001	16.63	17.81	18.22	18.53	18.04	16.18	15.91	15.25	16.53	16.87	17.02	17.42
2002	17.65	18.55	18.76	18.55	17.75	15.91	15.55	15.41	16.62	16.82	17.14	17.95
2003	17.79	18.45	18.06	17.69	17.53	16.66	15.64	15.62	16.04	16.71	16.63	17.02
2004	17.77	18.62	18.69	18.60	18.03	16.06	16.99	15.98	16.15	17.18	16.81	17.89
2005	17.91	17.78	18.37	18.14	17.80	17.06	15.68	16.27	16.44	16.81	16.53	17.17
2006	18.20	18.89	18.30	18.26	17.48	16.41	15.69	16.54	17.02	16.80	16.97	17.70
2007	18.04	18.14	18.12	17.99	17.63	16.63	16.98	15.64	16.36	16.97	17.43	16.63
2008	17.81	17.96	18.32	18.07	18.26	16.83	16.33	16.90	16.79	17.16	16.92	17.22
2009	18.00	18.32	18.44	18.33	18.05	17.51	16.88	16.59	17.04	17.73	17.42	18.10
2010	18.82	19.47	19.66	19.25	14.12	13.43	15.42	16.49	15.86	15.23	15.07	15.74
2011	17.75	18.12	17.89	18.81	17.71	17.45	16.79	16.41	17.35	16.41	16.60	17.53
2012	17.95	18.38	18.71	18.91	18.51	17.76	16.15	15.69	15.93	17.12	17.59	17.49
2013	18.41	18.32	19.27	18.73	18.25	22.01	15.88	16.34	16.02	17.35	16.98	17.13
2014	18.65	18.49	18.70	18.44	18.85	17.35	16.58	16.79	16.37	17.35	16.83	17.60
2015	18.13	19.00	19.32	19.25	19.28	18.07	17.70	16.63	17.29	18.18	17.62	17.23
2016	19.41	19.91	19.99	19.53	19.15	17.35	16.44	16.40	16.61	17.03	16.94	17.24
2017	18.60	18.91	19.03	18.73	17.98	17.44	16.52	16.61	17.03	17.05	16.94	17.19
2018	18.35	18.69	18.95	18.72	18.56	16.28	16.81	16.56	17.16	17.34	17.84	18.10
2019	19.05	19.64	19.55	19.28	18.69	17.40	16.73	15.66	16.71	17.13	17.64	18.15

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	26.55	27.21	26.20	26.21	26.01	26.28	26.82	26.86	27.42	28.29	27.77	27.66
1976	25.72	25.85	26.96	26.73	26.13	25.94	28.39	27.05	28.62	28.16	28.67	28.87
1977	27.06	26.74	27.54	27.27	26.99	26.68	27.02	28.05	29.44	29.67	28.61	28.98
1978	28.62	28.31	28.45	26.96	28.27	28.28	28.03	28.85	28.60	28.88	28.83	28.23
1979	26.85	28.16	27.25	28.87	28.22	27.75	28.95	29.41	29.03	29.46	28.17	28.78
1980	28.95	28.17	28.78	28.30	28.91	28.42	28.40	28.72	29.03	28.58	28.38	28.23
1981	27.89	26.80	27.33	26.56	28.11	27.77	28.03	28.03	29.48	28.51	28.61	28.33
1982	28.95	29.58	29.46	28.66	28.14	28.40	28.30	28.72	29.08	28.36	27.93	26.89
1983	26.75	27.25	28.55	27.85	27.95	27.43	28.44	28.16	27.28	27.59	28.65	26.73
1984	28.53	26.45	26.65	26.64	27.17	26.90	26.71	28.57	28.25	28.31	28.03	27.95
1985	26.60	27.75	28.17	28.14	27.74	28.27	27.22	27.41	28.49	28.67	29.20	27.71
1986	26.99	27.38	29.13	26.77	27.32	28.27	28.68	29.32	28.73	28.67	28.54	27.45
1987	27.83	27.41	27.35	27.88	27.27	28.23	27.96	28.87	29.29	28.87	29.14	28.83
1988	28.10	27.93	29.16	28.45	28.63	28.51	28.82	28.56	28.28	28.87	28.07	28.30
1989	26.91	26.67	27.11	27.18	28.07	27.37	27.60	28.80	28.80	28.98	30.12	29.63
1990	29.36	28.89	29.86	28.60	27.90	28.82	29.03	29.29	29.70	29.53	29.30	28.95
1991	29.19	27.61	28.81	29.09	29.48	29.66	29.20	29.75	30.22	29.14	29.69	29.38
1992	28.20	28.02	28.66	27.74	28.39	27.56	29.05	28.98	28.40	29.36	29.34	28.18
1993	29.11	26.94	27.49	27.90	27.99	28.10	28.27	28.77	28.74	29.05	29.67	28.58
1994	28.60	27.28	28.24	27.49	27.89	27.39	28.70	28.34	29.66	29.08	29.14	28.67
1995	29.00	27.92	28.79	28.71	29.26	29.51	28.32	29.38	29.82	29.57	29.45	29.19
1996	27.93	28.75	28.09	28.92	29.60	30.12	29.85	29.19	29.77	29.35	29.84	29.42
1997	28.86	28.46	28.63	29.72	28.84	28.20	29.93	30.45	29.88	30.46	28.83	28.59

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	29.34	30.77	29.49	29.27	29.07	28.24	29.12	29.17	29.79	29.65	29.87	29.33
1999	29.73	27.37	28.56	27.98	27.68	28.05	28.26	30.32	29.14	30.01	30.38	28.73
2000	29.90	28.25	28.06	28.51	28.15	28.02	29.00	29.92	29.35	31.01	30.50	29.33
2001	28.86	29.06	29.10	29.04	28.73	28.70	28.71	30.92	28.88	29.93	28.85	28.80
2002	29.89	27.48	27.86	27.34	28.01	28.25	28.16	29.94	30.13	28.05	29.19	28.01
2003	28.66	27.58	27.54	28.88	29.38	28.57	28.54	30.51	30.22	29.63	29.79	29.22
2004	29.12	28.25	28.99	29.43	29.11	29.07	29.41	30.57	29.67	29.08	29.50	29.74
2005	29.65	27.89	27.41	28.28	29.67	29.62	30.21	30.08	30.31	29.26	29.67	29.04
2006	28.53	26.91	27.75	28.42	29.17	28.57	28.77	29.46	30.13	30.30	29.48	28.97
2007	28.26	28.66	28.80	28.05	29.53	28.94	29.46	29.13	29.71	28.95	28.96	29.11
2008	26.75	26.76	27.45	27.84	27.58	26.43	26.64	26.85	28.43	29.06	28.45	28.97
2009	26.34	25.91	27.39	27.86	28.15	28.08	28.54	29.03	29.49	30.50	29.47	28.09
2010	26.97	26.81	28.65	28.67	28.71	28.89	29.36	30.11	29.66	29.77	29.10	27.95
2011	28.71	27.04	29.87	28.12	28.31	28.17	28.09	29.20	29.69	28.74	28.66	28.01
2012	26.19	26.21	27.08	28.51	28.72	28.14	27.85	28.75	29.46	29.31	29.66	29.82
2013	28.24	29.08	28.33	29.76	28.55	28.28	28.83	29.25	29.96	29.53	30.27	29.72
2014	31.80	28.34	27.92	29.12	27.00	28.07	29.70	29.94	30.00	29.83	29.89	29.81
2015	28.00	27.93	27.91	27.59	27.77	28.88	28.66	29.74	30.19	29.76	29.77	28.95
2016	29.18	28.43	28.51	28.74	29.72	28.24	28.59	29.15	29.67	29.58	29.37	28.94
2017	28.57	28.26	27.80	28.43	28.40	28.21	28.57	29.07	29.74	29.50	29.36	28.94
2018	28.08	27.48	29.77	29.67	28.98	29.22	29.51	29.77	30.55	29.48	29.43	28.41
2019	28.36	27.58	28.35	28.67	28.48	29.06	29.34	29.83	29.84	29.22	29.61	28.81

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	22.40	106.60	90.20	69.00	39.70	22.60	6.00	15.60	0.50	26.60	9.00	0.60
1976	69.30	38.50	78.30	52.70	23.30	2.80	0.70	2.20	0.50	2.50	2.90	9.80
1977	55.50	91.60	67.10	63.30	13.10	20.40	0.00	0.10	10.40	1.80	2.70	15.20
1978	7.70	35.60	88.40	16.30	17.20	0.00	0.00	0.20	1.80	1.10	0.00	2.00
1979	24.10	33.00	80.30	57.10	28.50	0.00	0.00	6.10	22.50	1.30	0.00	4.30
1980	27.30	9.90	25.10	39.50	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	22.10	23.90	10.90
1981	17.90	76.50	116.60	74.70	17.40	11.60	3.70	1.20	0.00	22.10	4.10	19.60
1982	9.10	21.80	3.20	56.60	10.20	0.00	0.00	0.00	9.30	41.70	57.70	71.00
1983	130.90	68.80	157.20	74.90	107.60	6.30	0.00	0.00	11.20	0.00	0.00	59.80
1984	9.30	121.50	106.60	37.90	16.90	21.70	5.70	0.40	2.40	31.30	5.50	12.90
1985	19.40	19.70	23.20	8.20	34.60	0.10	0.00	0.00	0.00	6.80	2.10	25.40
1986	46.80	38.60	15.00	88.00	22.60	0.00	0.00	1.50	2.10	15.70	24.80	23.30
1987	74.90	21.50	74.30	85.00	10.70	0.00	6.50	3.90	0.00	14.10	15.00	4.80
1988	40.40	67.10	3.00	69.30	27.80	0.50	0.00	0.00	2.90	5.00	23.20	8.70
1989	110.80	96.40	64.00	41.80	4.30	11.10	0.00	0.90	1.00	51.10	0.10	0.00
1990	16.60	31.30	46.60	68.50	49.10	9.80	0.00	0.00	0.00	18.50	10.90	26.10
1991	0.00	0.00	77.40	27.90	4.60	2.80	4.80	0.20	0.00	2.70	2.80	45.60
1992	10.30	52.20	64.30	91.50	2.30	4.90	0.00	2.90	17.70	1.40	0.00	0.00
1993	10.60	115.20	99.00	105.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.80	2.70	1.20	0.00	37.20
1995	0.00	35.00	23.70	66.10	10.60	0.00	0.30	0.00	0.20	0.00	28.40	51.80
1996	43.70	41.40	69.80	10.30	19.60	10.20	0.00	0.00	0.00	9.30	0.00	3.30
1997	11.10	73.80	41.30	19.60	5.90	0.00	0.00	0.00	26.70	18.20	47.80	83.80

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	75.00	131.10	125.80	77.60	84.30	0.60	0.00	7.10	20.50	25.50	21.70	6.80
1999	65.00	160.10	111.90	55.50	42.70	19.50	6.30	0.40	8.60	2.60	0.00	69.20
2000	18.20	86.80	128.60	58.80	48.80	6.20	0.00	0.00	13.80	0.00	0.00	58.00
2001	67.10	73.20	86.90	29.70	22.20	0.00	8.20	0.00	0.00	7.70	26.10	46.40
2002	7.40	124.20	146.20	50.80	21.20	0.00	3.00	0.00	0.00	57.50	13.00	29.30
2003	15.50	38.20	60.70	55.20	1.40	4.50	0.00	0.00	7.50	0.00	9.50	16.60
2004	32.20	9.40	31.90	25.70	27.70	1.40	12.90	0.00	8.10	17.60	31.50	32.80
2005	32.90	46.30	163.70	35.60	16.00	6.60	0.00	0.00	0.90	12.80	1.40	27.20
2006	43.50	118.80	138.40	56.90	0.00	9.00	6.80	1.20	4.40	0.90	17.50	65.70
2007	47.30	14.50	93.00	45.40	2.60	1.00	0.00	0.00	0.30	6.30	31.80	6.10
2008	75.40	136.90	103.80	55.90	14.90	4.70	0.50	0.90	0.20	15.90	22.00	4.40
2009	163.60	163.60	90.20	21.50	18.90	4.40	0.70	0.00	0.00	0.00	52.70	30.70
2010	50.90	119.10	77.10	54.50	30.20	0.60	4.80	0.00	0.00	10.50	28.80	22.90
2011	21.30	49.20	57.90	100.90	13.60	3.50	1.30	0.00	3.00	25.50	17.80	25.50
2012	91.60	172.00	96.20	41.50	22.70	0.00	0.10	0.00	0.00	16.30	19.90	46.10
2013	29.10	45.30	84.50	27.50	95.60	0.50	0.00	0.00	1.20	51.10	0.30	19.70
2014	18.00	72.70	103.90	57.90	28.40	8.20	0.90	0.00	2.40	29.50	0.00	45.70
2015	64.20	30.80	161.20	71.00	30.90	0.00	1.30	0.00	0.00	24.40	28.20	0.00
2016	55.10	83.70	88.50	69.80	14.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	61.60	126.70	218.60	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	44.90	36.40	68.20	0.00	0.00	0.00	1.40	0.10	71.10	31.50
2019	39.80	78.00	83.20	81.40	22.10	1.40	5.30	15.60	0.00	19.50	10.70	55.50

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	8.40	29.20	13.10	21.70	13.20	5.10	5.00	6.80	0.30	8.80	2.60	0.60
1976	11.60	5.30	19.70	17.10	14.50	1.90	0.70	1.50	0.50	2.50	2.30	6.90
1977	8.10	15.40	18.40	9.70	4.90	11.80	0.00	0.10	5.70	1.10	2.70	14.90
1978	4.50	15.20	26.60	7.20	4.70	0.00	0.00	0.20	1.80	0.80	0.00	0.90
1979	6.30	11.00	20.50	20.20	13.70	0.00	0.00	1.30	19.80	1.00	0.00	2.90
1980	23.50	4.50	8.10	10.30	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	7.00	5.40
1981	8.50	10.50	20.80	16.50	14.30	11.30	2.40	0.80	0.00	11.90	1.90	7.90
1982	2.80	9.90	1.00	18.90	1.90	0.00	0.00	0.00	4.30	24.50	20.00	18.60
1983	37.90	21.20	28.40	17.60	40.50	4.30	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	20.90
1984	6.60	18.70	18.40	15.70	5.10	5.60	1.60	0.30	0.90	8.60	4.40	4.70
1985	4.80	10.30	7.40	7.80	5.60	0.10	0.00	0.00	0.00	3.00	1.40	6.70
1986	6.60	14.30	3.10	19.20	18.60	0.00	0.00	0.60	1.40	6.00	9.30	6.00
1987	20.50	4.20	15.00	16.20	4.70	0.00	5.20	1.50	0.00	5.90	11.60	2.60
1988	18.10	11.70	1.10	13.70	6.80	0.50	0.00	0.00	1.80	2.40	10.00	6.00
1989	13.00	17.70	23.10	9.10	3.70	2.80	0.00	0.50	0.70	25.70	0.10	0.00
1990	4.20	9.20	8.70	20.60	13.80	2.80	0.00	0.00	0.00	6.80	3.60	10.70
1991	0.00	0.00	16.90	9.00	1.60	1.80	4.80	0.20	0.00	2.00	2.40	27.90
1992	5.50	18.10	20.30	19.80	2.30	2.70	0.00	1.70	7.00	0.60	0.00	0.00
1993	4.30	29.90	8.00	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	1.80	1.20	0.00	19.20
1995	0.00	7.50	6.70	30.60	4.00	0.00	0.30	0.00	0.20	0.00	10.90	24.40
1996	9.80	25.70	11.30	3.90	18.50	6.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	3.30
1997	4.00	24.50	11.10	4.50	4.00	0.00	0.00	0.00	15.00	13.20	15.00	12.80

AÑO	SAUSAL DE CULUCAN (997 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	19.80	34.60	22.20	16.50	31.30	0.60	0.00	7.10	7.90	17.10	8.50	2.50
1999	15.00	28.30	25.50	22.90	7.50	10.40	3.70	0.40	5.60	1.60	0.00	11.80
2000	11.00	17.30	22.00	8.60	39.20	1.60	0.00	0.00	5.60	0.00	0.00	12.90
2001	12.80	22.30	17.20	6.70	6.20	0.00	7.40	0.00	0.00	4.70	10.00	15.00
2002	2.70	29.30	23.00	17.40	14.80	0.00	2.00	0.00	0.00	35.10	3.90	13.20
2003	6.00	14.70	11.80	9.50	1.10	1.90	0.00	0.00	7.50	0.00	3.80	10.00
2004	11.50	2.40	7.70	20.70	13.40	1.40	9.30	0.00	7.00	6.00	15.70	14.50
2005	9.70	6.60	18.50	25.20	11.50	2.70	0.00	0.00	0.90	4.30	1.40	10.80
2006	11.80	30.00	38.90	19.80	0.00	5.80	6.80	1.20	4.40	0.90	3.40	14.30
2007	8.40	4.60	31.50	7.50	1.70	1.00	0.00	0.00	0.30	2.60	15.50	2.00
2008	13.40	19.40	22.00	10.00	5.40	1.90	0.30	0.60	0.20	10.20	4.50	4.20
2009	22.60	32.40	18.30	7.60	10.30	4.40	0.70	0.00	0.00	0.00	17.00	7.20
2010	12.10	28.50	12.00	15.60	11.60	0.60	2.30	0.00	0.00	7.60	9.70	6.60
2011	4.90	19.70	30.00	21.50	8.00	2.50	0.70	0.00	2.20	9.70	11.30	6.80
2012	18.30	34.40	27.40	14.20	9.90	0.00	0.10	0.00	0.00	9.30	5.20	28.30
2013	7.30	5.00	25.80	16.20	26.00	0.50	0.00	0.00	1.20	30.20	0.30	6.10
2014	8.60	20.40	18.10	33.50	4.50	2.20	0.90	0.00	1.70	8.50	0.00	19.10
2015	12.50	9.40	20.20	31.70	13.90	0.00	1.30	0.00	0.00	15.80	15.80	0.00
2016	10.60	26.70	21.90	17.80	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	13.00	29.40	32.20	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	17.20	21.20	24.20	0.00	0.00	0.00	1.40	0.10	17.20	9.20
2019	15.80	22.60	18.80	15.50	10.00	1.20	2.70	13.70	0.00	8.80	3.70	32.50

ANEXO 1.6
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN MORROPÓN
(1975 - 2019)

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	20.52	21.90	21.21	20.48	18.14	16.37	15.35	15.11	13.90	15.33	15.33	17.24
1976	20.97	20.84	21.80	20.52	19.76	19.12	17.69	17.85	16.71	17.30	18.80	21.03
1977	22.30	22.31	22.17	21.22	19.41	17.59	16.24	15.15	15.80	16.38	17.88	19.65
1978	20.84	22.48	21.32	21.04	18.99	16.00	16.26	14.68	16.07	16.53	18.55	19.87
1979	21.95	22.58	22.27	20.85	18.66	16.14	15.87	16.62	16.88	16.81	17.10	19.20
1980	21.92	22.53	22.64	21.73	19.73	17.65	16.53	16.58	15.92	17.19	18.18	19.23
1981	20.89	22.83	22.05	20.64	17.75	16.57	14.81	15.18	15.05	16.95	17.26	19.29
1982	20.60	22.24	21.94	20.36	19.29	18.00	17.42	17.09	17.80	19.55	21.83	23.13
1983	23.77	23.66	23.80	23.59	24.00	22.97	19.83	18.01	17.05	18.05	18.17	20.28
1984	19.79	21.56	21.02	20.06	17.29	16.63	16.14	14.93	15.59	17.10	16.73	19.18
1985	20.24	21.13	21.14	19.24	16.30	15.82	14.52	14.74	15.28	16.21	16.21	19.37
1986	21.75	22.02	21.83	21.46	18.59	15.54	15.94	17.24	16.46	16.76	18.81	20.11
1987	22.79	23.19	23.24	22.44	19.42	17.85	17.65	15.73	16.23	17.56	18.39	19.92
1988	21.84	22.81	21.19	20.87	18.97	15.45	14.41	15.26	15.43	16.49	18.01	19.25
1989	21.41	22.11	22.15	21.12	16.97	17.29	15.43	16.21	16.34	17.69	17.14	18.44
1990	21.34	22.68	22.52	21.32	20.24	17.64	16.12	15.52	16.00	17.31	18.26	19.58
1991	21.63	23.51	23.59	21.84	20.33	18.48	16.33	16.50	17.54	17.42	18.45	20.65
1992	22.45	23.28	23.51	23.72	22.13	18.81	15.15	16.33	16.65	16.92	18.25	19.99
1993	21.48	22.76	22.47	22.28	21.21	17.65	16.15	16.05	16.26	17.15	18.24	19.48
1994	21.55	22.21	21.73	21.31	19.54	16.33	15.75	15.92	17.17	17.62	18.14	20.85
1995	21.91	22.09	21.33	20.47	19.09	17.23	16.19	15.49	16.00	16.82	18.09	18.22
1996	20.98	22.30	22.25	19.72	17.95	16.05	14.37	14.87	15.05	16.56	16.68	18.60
1997	20.16	22.11	22.27	22.01	21.76	21.00	20.34	20.73	21.38	20.68	22.20	23.23

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	23.65	24.00	23.82	23.11	21.65	19.09	17.55	15.65	16.10	17.01	16.92	17.56
1999	20.28	21.50	21.88	20.43	17.76	16.19	15.45	15.55	14.89	15.94	16.69	18.55
2000	20.47	21.30	21.56	21.61	19.00	17.22	16.40	16.78	16.99	16.69	16.31	20.10
2001	21.67	22.69	22.55	21.20	18.69	17.67	17.63	16.51	16.60	16.73	18.38	20.36
2002	20.82	23.73	23.03	21.89	19.94	17.23	16.55	16.13	15.64	17.95	19.29	21.20
2003	22.37	22.85	22.16	20.55	18.58	17.53	16.16	16.04	17.21	17.55	18.96	20.99
2004	21.60	23.49	23.56	21.45	18.95	16.22	16.68	15.66	17.19	18.30	18.71	20.33
2005	23.30	23.14	21.92	21.38	18.56	17.45	16.23	16.50	15.34	16.60	16.89	19.68
2006	22.09	22.95	22.62	20.40	18.50	18.16	18.16	17.55	17.35	18.15	19.36	20.55
2007	22.59	23.24	22.85	21.38	18.54	16.20	16.52	15.99	15.55	16.41	17.90	19.25
2008	22.18	21.93	22.27	21.01	18.94	18.18	18.06	17.67	17.16	17.32	17.57	18.36
2009	21.41	22.44	22.17	20.94	18.92	17.78	17.13	16.85	16.81	17.31	18.65	20.57
2010	22.69	22.87	22.63	21.32	19.39	17.39	15.57	15.29	15.52	15.85	16.34	19.10
2011	20.78	21.94	21.32	21.25	19.79	19.16	17.03	16.88	16.47	16.76	18.33	20.63
2012	22.05	21.96	22.08	21.49	19.84	19.34	17.79	16.93	17.01	17.23	18.75	19.35
2013	21.27	22.68	22.35	19.83	18.48	16.57	16.93	15.26	15.53	16.97	16.84	20.14
2014	21.48	22.66	22.84	21.01	21.53	20.58	17.21	17.33	17.17	17.95	18.71	20.04
2015	21.89	23.30	23.14	22.02	21.28	20.01	18.79	18.15	18.62	19.50	20.07	19.77
2016	23.06	23.46	23.26	22.01	19.31	17.61	17.05	16.48	17.17	17.50	17.76	20.06
2017	23.04	22.83	22.86	21.23	19.60	18.28	17.21	15.93	16.01	15.87	16.34	19.00
2018	20.79	21.85	21.17	20.14	18.17	16.63	16.45	16.20	16.17	17.21	17.94	19.70
2019	21.84	23.01	22.31	20.69	19.61	17.33	16.12	14.91	15.43	16.49	18.24	20.34

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	32.20	32.67	29.70	29.66	28.88	29.01	28.21	29.41	30.03	31.04	30.70	31.82
1976	31.18	30.40	32.60	30.15	29.08	29.10	28.80	30.00	30.85	30.46	32.49	32.83
1977	32.13	31.45	31.05	30.28	31.20	29.32	29.16	29.78	30.85	31.45	31.48	33.34
1978	33.69	33.11	32.11	31.73	30.91	30.07	29.55	30.65	31.74	31.76	32.73	33.04
1979	32.80	33.93	32.25	32.57	30.62	29.48	29.70	31.12	32.33	31.18	32.30	33.38
1980	33.84	33.64	32.82	33.69	31.98	30.48	29.54	30.52	30.67	32.01	31.55	32.70
1981	33.08	33.22	31.70	30.62	29.47	29.05	28.40	29.81	31.39	31.93	32.21	33.52
1982	33.87	34.80	33.89	33.20	31.14	29.84	29.64	30.77	31.50	31.97	31.56	31.31
1983	31.03	31.48	31.56	30.77	30.35	29.59	29.20	29.18	30.25	30.90	31.43	32.57
1984	32.84	31.24	30.81	31.38	30.28	29.06	29.06	30.26	31.07	31.38	32.39	32.45
1985	31.85	32.83	32.78	32.53	30.47	29.88	28.65	30.59	32.16	32.23	33.22	32.97
1986	32.91	34.88	33.08	32.13	30.32	29.78	29.12	30.87	31.43	31.32	32.05	32.20
1987	32.29	31.60	31.37	30.95	30.72	29.98	29.96	31.76	32.31	32.57	33.25	33.82
1988	33.09	33.17	34.37	32.96	31.70	30.14	29.71	31.21	31.23	32.01	32.84	31.93
1989	31.94	31.21	30.91	32.08	30.74	29.19	29.01	31.10	32.02	32.41	34.01	34.11
1990	34.01	34.16	34.19	32.89	30.61	30.72	29.45	31.53	31.61	32.53	33.73	33.76
1991	34.74	35.25	33.95	33.54	32.65	30.79	29.97	30.81	31.52	32.21	32.82	32.10
1992	32.95	32.14	31.60	31.36	30.84	28.79	27.89	29.93	31.86	33.31	33.21	32.72
1993	33.15	31.57	31.97	31.28	30.37	29.79	29.20	30.72	31.54	32.09	33.32	32.00
1994	32.57	32.24	31.82	31.34	31.54	29.36	30.34	31.06	32.50	31.98	32.90	32.24
1995	31.70	31.93	34.35	33.83	32.74	31.36	29.72	31.98	32.41	32.83	33.33	32.96
1996	34.80	34.90	33.29	33.60	31.78	29.89	30.39	31.41	32.63	33.39	32.95	33.64
1997	34.57	33.74	34.16	33.01	32.74	31.43	32.16	32.62	34.34	33.71	32.72	31.43

AÑO	MORROPÓN (128 m s.n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	31.80	32.40	32.02	29.95	27.60	28.96	30.74	29.56	31.15	31.27	32.49	33.14
1999	32.97	31.38	31.45	30.19	28.92	28.59	30.23	30.74	31.71	32.81	32.30	32.83
2000	32.85	31.36	32.24	31.60	29.50	27.27	27.70	31.50	31.85	31.86	32.41	32.76
2001	31.94	32.22	31.29	29.88	27.73	27.84	28.78	30.56	32.84	31.53	32.90	34.32
2002	33.91	32.22	30.91	31.25	30.75	30.01	28.84	30.07	31.72	31.05	32.96	32.95
2003	30.85	32.32	34.33	32.75	31.38	30.47	31.06	31.85	32.83	32.91	33.47	33.14
2004	33.66	34.65	35.75	33.25	30.92	29.43	30.24	31.60	33.64	31.60	32.43	33.16
2005	33.77	31.67	31.73	32.21	30.57	30.39	30.56	30.98	31.08	31.70	31.71	33.62
2006	32.50	31.35	31.50	31.68	30.29	29.49	29.74	31.62	32.68	32.33	32.98	33.32
2007	32.56	34.28	33.03	33.12	30.58	30.57	30.22	30.99	31.37	30.31	32.69	32.63
2008	31.56	31.19	31.27	29.98	27.40	26.88	27.29	29.72	31.51	31.87	32.88	33.70
2009	31.22	31.69	32.35	32.90	32.26	29.99	30.94	31.79	33.92	33.36	33.94	31.65
2010	32.55	32.04	31.87	31.87	32.24	31.40	31.20	32.02	32.23	31.98	33.52	33.59
2011	33.23	34.98	34.27	32.24	31.20	30.32	31.00	32.12	32.86	32.55	33.84	33.82
2012	32.16	32.43	32.11	31.90	31.80	29.75	30.97	31.98	32.87	32.75	33.90	33.82
2013	32.39	34.69	32.56	32.13	30.62	31.37	30.32	32.94	32.99	32.66	33.65	34.52
2014	34.54	34.04	34.97	33.99	31.17	32.81	32.32	32.70	33.76	33.83	34.20	34.51
2015	33.43	34.37	31.95	31.70	29.93	30.33	31.48	32.72	33.81	33.40	33.98	33.52
2016	32.34	32.32	33.01	33.77	32.71	32.17	32.13	32.59	33.52	34.41	34.45	34.34
2017	32.66	32.76	31.25	32.36	30.99	30.56	30.79	30.81	32.23	31.84	32.50	32.80
2018	33.70	33.94	33.42	33.51	31.35	29.96	30.77	32.39	32.87	33.12	33.69	33.63
2019	32.82	32.88	32.51	32.30	31.58	31.53	31.14	32.25	32.53	33.41	33.23	35.09

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	6.40	83.60	224.10	62.10	2.60	0.60	2.80	7.80	0.00	4.80	0.00	0.00
1976	67.10	82.30	86.50	46.50	25.60	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
1977	14.30	170.70	192.20	22.10	0.30	2.20	0.80	0.00	0.00	0.00	0.40	0.10
1978	0.30	22.20	85.70	3.80	9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
1979	7.30	4.10	85.90	16.50	1.60	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
1980	0.00	18.50	87.20	22.20	0.50	0.00	0.20	0.00	0.00	2.80	13.50	2.80
1981	1.90	11.30	578.80	24.30	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	3.70	0.10	1.60
1982	7.90	3.10	0.00	13.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	109.90
1983	575.10	296.10	448.40	1064.60	366.30	118.80	5.90	0.00	3.50	3.20	0.60	3.90
1984	31.90	186.60	128.50	6.90	2.50	0.00	1.40	0.20	1.30	2.50	0.60	0.00
1985	0.00	27.90	88.00	1.00	8.70	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	2.50
1986	20.40	17.80	3.90	34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.00	8.40
1987	70.80	86.90	396.70	121.80	1.00	0.00	0.80	0.70	0.00	3.40	0.00	0.00
1988	20.40	14.60	0.30	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.60
1989	104.50	158.70	114.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	0.40	0.00
1990	0.00	8.50	17.50	0.00	5.60	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	14.80	47.80	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	8.80
1992	38.80	89.40	413.90	265.90	38.90	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	6.40	151.20	298.60	55.00	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	7.10
1994	14.10	80.20	119.40	29.50	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00
1995	26.60	130.20	11.20	41.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	8.20
1996	1.60	0.40	129.30	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	1.80
1997	2.70	66.40	89.00	33.30	0.10	1.70	0.00	1.10	2.10	3.80	3.50	219.90

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	34.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00
1999	10.00	335.30	138.40	96.50	19.20	1.00	0.00	0.00	2.60	1.00	0.00	8.50
2000	24.60	220.90	247.10	46.20	9.10	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.20
2001	77.60	115.60	432.70	83.50	1.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	1.70
2002	0.40	100.20	425.00	234.30	3.10	0.00	0.50	0.00	0.00	8.80	0.00	1.00
2003	32.90	80.50	14.50	8.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.50
2004	67.50	20.20	11.10	81.50	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	8.20	0.00	16.30
2005	2.00	14.30	125.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.80
2006	15.20	289.40	179.60	107.60	0.00	0.30	0.20	0.00	0.00	0.20	2.00	5.60
2007	39.20	9.00	123.20	4.40	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	5.40	7.30	0.00
2008	55.80	581.40	438.50	85.00	3.50	0.20	0.50	0.00	0.00	2.90	13.40	0.00
2009	210.20	74.50	149.60	6.70	0.90	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	7.10	5.00
2010	23.90	190.50	99.80	43.60	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	1.60	3.10
2011	5.20	84.50	0.00	129.30	1.20	4.70	0.00	0.00	0.00	0.70	8.30	9.40
2012	38.70	639.90	374.00	128.80	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	5.70	2.10
2013	22.90	14.30	140.90	3.60	17.10	0.00	0.00	0.00	0.10	12.50	0.00	4.00
2014	0.60	16.40	42.40	5.10	3.70	1.00	1.30	0.00	0.00	10.20	8.90	4.50
2015	14.60	35.00	383.90	54.00	4.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10	3.70	0.00
2016	140.50	215.40	124.90	83.50	0.00	5.70	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.30
2017	159.30	607.70	992.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.40	0.20	4.70
2018	5.70	11.80	4.10	54.40	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	483.80	1024.20
2019	1020.90	345.40	54.20	35.50	3.60	0.00	0.10	0.10	0.20	2.20	2.60	5.80

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	2.70	30.00	55.60	26.80	1.40	0.50	2.80	4.20	0.00	3.60	0.00	0.00
1976	22.50	14.90	28.00	39.00	23.90	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
1977	2.60	42.70	47.00	10.90	0.30	1.60	0.80	0.00	0.00	0.00	0.40	0.10
1978	0.20	10.80	34.60	3.10	7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
1979	3.70	1.30	34.60	5.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
1980	0.00	16.50	50.20	10.60	0.50	0.00	0.20	0.00	0.00	1.50	6.80	1.40
1981	1.00	4.30	165.30	14.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	3.70	0.10	1.50
1982	5.40	1.00	0.00	10.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	59.10
1983	120.00	73.40	59.30	136.70	75.00	21.30	5.60	0.00	3.00	1.00	0.30	2.60
1984	14.20	22.70	33.80	3.40	0.70	0.00	0.70	0.20	1.20	2.50	0.60	0.00
1985	0.00	16.20	31.30	0.90	3.50	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	1.10
1986	7.70	8.30	1.80	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	3.60
1987	16.20	51.90	85.60	51.10	0.90	0.00	0.40	0.60	0.00	3.40	0.00	0.00
1988	11.50	5.00	0.20	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	0.60
1989	63.80	31.10	47.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.40	0.00
1990	0.00	4.70	6.00	0.00	3.60	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	3.60	14.90	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	8.20
1992	30.70	22.50	61.30	51.80	12.90	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	6.40	36.30	41.10	20.40	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	1.90
1994	4.30	12.20	62.70	8.70	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
1995	20.10	63.90	6.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	4.80
1996	1.60	0.40	51.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1.80
1997	1.60	24.80	32.70	12.00	0.10	1.20	0.00	0.90	1.70	2.80	1.40	52.40

AÑO	MORROPÓN (128 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00
1999	5.00	73.00	41.00	25.00	6.00	0.50	0.00	0.00	2.60	1.00	0.00	3.80
2000	20.10	31.50	78.00	16.00	2.20	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50
2001	31.50	71.50	60.00	26.20	0.60	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.60
2002	0.40	30.00	70.50	80.00	2.20	0.00	0.50	0.00	0.00	7.50	0.00	1.00
2003	22.80	33.00	7.50	3.80	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.50
2004	36.80	7.00	3.20	46.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	12.50
2005	2.00	5.00	56.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.60
2006	5.50	73.70	51.50	40.00	0.00	0.30	0.20	0.00	0.00	0.20	2.00	2.10
2007	8.00	3.40	33.40	1.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	3.10	4.00	0.00
2008	14.10	95.10	35.70	27.40	1.50	0.20	0.50	0.00	0.00	1.30	3.80	0.00
2009	55.40	17.00	49.00	5.00	0.50	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	2.60	3.80
2010	8.00	58.90	41.00	21.70	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	1.40	1.90
2011	3.70	42.80	0.00	76.30	1.20	2.50	0.00	0.00	0.00	0.40	3.80	2.60
2012	10.60	99.50	79.20	49.60	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.50	1.00
2013	10.20	4.70	36.20	1.40	9.80	0.00	0.00	0.00	0.10	9.50	0.00	1.60
2014	0.60	9.50	14.00	2.40	2.00	1.00	1.30	0.00	0.00	5.20	5.00	2.70
2015	7.50	9.50	99.50	25.40	2.40	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10	3.70	0.00
2016	54.20	38.60	58.30	43.20	0.00	2.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.30
2017	78.00	150.00	116.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.40	0.20	2.20
2018	2.30	4.40	1.50	44.40	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	35.00	36.80
2019	37.50	79.20	15.60	26.50	2.40	0.00	0.10	0.10	0.20	1.30	2.20	3.10

ANEXO 1.7
DATA CLIMÁTICA, ESTACIÓN MIRAFLORES
(1975 - 2019)

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	20.35	22.15	22.35	21.57	19.29	17.20	16.45	16.30	15.29	16.10	15.71	17.61
1976	21.35	22.20	22.45	21.61	20.70	19.39	17.50	18.64	17.49	17.47	18.75	20.99
1977	22.80	22.85	22.63	21.22	19.52	17.41	16.78	16.17	16.77	17.20	17.82	19.67
1978	20.77	22.81	21.65	20.48	18.35	15.76	16.42	15.74	16.34	16.49	18.65	19.62
1979	22.06	22.38	23.00	20.77	18.69	16.54	16.80	17.11	17.30	16.79	16.99	19.25
1980	21.29	22.12	22.48	21.62	18.93	17.13	16.58	15.99	16.25	17.51	18.15	19.04
1981	20.24	23.04	22.04	20.31	17.87	17.09	15.29	15.19	15.74	17.20	17.15	19.05
1982	20.71	21.67	20.81	19.88	19.14	18.00	17.65	17.45	17.79	19.80	21.93	23.95
1983	24.78	24.67	24.12	24.34	24.59	23.59	20.89	18.87	18.00	19.20	18.95	20.84
1984	20.94	22.96	22.00	20.71	18.07	17.92	16.59	15.98	16.58	18.00	16.83	19.94
1985	21.05	22.10	21.66	19.81	16.72	16.36	15.39	15.53	15.96	16.84	16.48	19.37
1986	22.18	22.23	21.77	21.14	18.63	15.98	16.28	17.57	16.58	16.99	19.06	20.48
1987	23.31	24.38	24.52	23.17	19.81	18.87	18.69	17.12	17.66	18.26	18.71	20.02
1988	21.48	23.31	20.81	20.85	18.85	15.25	15.00	15.58	15.78	16.57	17.85	19.35
1989	21.30	22.86	22.21	19.67	17.13	17.79	15.76	16.85	16.80	17.82	16.93	17.83
1990	20.95	21.92	22.16	20.95	20.15	17.77	16.40	16.29	16.51	17.42	18.00	19.22
1991	20.50	22.74	23.13	21.16	19.87	17.40	16.54	16.38	16.98	17.69	17.57	21.27
1992	23.00	23.33	24.62	23.21	21.65	18.24	15.04	17.00	17.14	17.81	18.31	18.66
1993	21.28	22.60	23.10	22.20	21.20	20.30	18.80	17.80	17.80	17.90	17.50	20.10
1994	21.90	22.60	20.20	21.20	19.10	17.20	16.40	16.40	17.20	17.70	18.70	21.08
1995	23.15	22.89	22.12	20.00	18.69	17.48	16.98	16.59	16.88	17.55	18.75	18.50
1996	20.85	22.21	22.19	19.39	17.66	16.62	15.39	16.08	16.29	17.23	17.29	18.66
1997	20.31	22.24	22.92	22.09	22.57	22.15	21.08	21.37	22.37	21.00	22.80	24.57

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) TEMPERATURA MÍNIMA (°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	24.78	25.28	24.81	24.17	22.58	19.89	18.35	16.95	17.49	18.14	17.78	18.12
1999	20.43	23.12	22.19	20.71	18.12	17.51	16.59	16.83	16.70	17.32	17.81	19.47
2000	20.90	22.48	22.32	21.47	19.39	18.45	17.17	17.70	17.47	17.49	16.28	19.98
2001	21.61	23.29	23.06	21.69	18.76	17.50	17.83	17.03	16.57	16.94	17.60	19.65
2002	20.43	23.64	24.45	22.72	19.96	17.22	17.30	17.70	16.82	18.93	19.33	21.19
2003	22.59	23.53	22.57	20.51	18.97	17.58	16.74	16.84	17.21	17.60	18.71	20.37
2004	21.52	23.68	23.11	21.18	18.35	16.96	17.47	16.21	17.42	18.39	18.75	20.10
2005	21.83	23.34	22.35	21.07	18.86	17.92	17.01	17.17	16.70	17.06	16.98	19.39
2006	22.03	23.91	23.08	20.46	18.39	18.42	18.26	18.17	17.74	18.43	19.54	20.52
2007	23.63	23.55	23.19	21.07	18.23	16.43	16.68	16.29	16.06	16.30	17.64	19.05
2008	22.40	23.00	23.35	21.31	19.32	19.07	18.37	18.66	18.42	17.97	18.05	19.16
2009	22.41	23.28	23.12	21.10	19.86	19.05	18.57	17.87	18.30	18.29	19.17	21.37
2010	23.39	23.94	23.43	21.93	19.60	18.09	16.55	16.42	16.16	16.34	16.27	18.94
2011	20.59	22.22	20.97	21.33	20.27	19.85	18.15	17.64	17.19	16.74	18.55	20.50
2012	22.55	23.13	23.10	22.62	20.81	20.77	18.77	17.57	18.45	18.14	19.27	19.79
2013	22.54	22.99	22.67	19.75	19.32	17.45	16.15	16.58	16.81	17.12	17.34	20.15
2014	23.00	22.80	23.10	22.75	22.40	21.30	18.10	18.10	18.00	18.50	19.10	19.90
2015	22.10	24.20	24.50	23.50	22.60	21.30	19.90	19.30	19.80	20.40	20.67	22.50
2016	23.99	24.86	24.71	22.95	20.28	19.60	18.35	18.10	18.63	18.86	18.22	20.71
2017	23.54	24.25	24.37	22.76	21.49	19.60	18.76	17.73	17.52	17.57	17.66	20.25
2018	21.77	23.66	22.45	21.63	19.57	18.31	18.03	18.18	17.84	18.66	19.99	21.19
2019	23.87	24.41	23.65	22.19	21.19	19.02	17.08	16.55	17.22	17.63	19.50	21.38

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	32.79	33.41	33.15	32.75	29.52	27.50	26.19	27.02	27.53	28.76	28.77	30.56
1976	32.13	33.09	33.97	32.70	30.64	29.28	28.23	28.12	28.81	28.54	30.15	31.95
1977	32.87	33.78	33.69	32.79	30.84	29.14	27.65	27.53	28.91	29.26	29.95	32.81
1978	33.60	33.86	33.17	31.81	30.14	28.46	27.86	28.27	29.56	29.63	31.49	32.94
1979	33.63	34.02	33.90	32.65	29.70	27.93	27.06	28.81	29.59	29.42	30.02	31.94
1980	33.46	33.36	33.83	32.88	30.96	29.32	28.35	27.99	28.90	30.04	30.34	31.79
1981	32.97	34.19	33.63	32.11	29.12	27.30	26.50	26.80	28.38	29.72	30.06	32.10
1982	33.40	34.08	33.92	32.49	30.84	28.74	28.42	28.40	29.98	30.93	31.95	33.12
1983	32.32	33.11	32.94	32.01	31.65	30.97	29.73	29.27	28.95	29.35	30.27	31.78
1984	33.30	34.04	33.25	32.33	29.61	27.81	27.20	26.95	27.90	29.27	29.66	32.09
1985	32.24	34.02	33.76	31.92	28.23	27.79	26.12	27.08	28.45	29.07	30.42	31.78
1986	33.54	34.73	34.60	32.72	29.67	27.71	26.79	28.19	29.19	29.66	30.28	32.39
1987	34.25	34.23	33.77	33.79	31.10	29.09	28.48	29.08	29.96	29.66	31.45	32.34
1988	33.34	34.80	34.57	33.48	31.18	28.69	27.55	27.98	28.63	29.80	30.74	32.11
1989	33.94	33.89	34.55	31.66	28.78	28.07	27.17	27.53	28.46	30.10	30.85	31.92
1990	33.62	33.83	34.79	32.80	30.79	29.11	27.55	28.16	29.51	29.67	30.70	32.24
1991	33.96	34.80	34.95	33.80	32.05	29.32	27.77	27.75	29.08	29.74	30.74	31.91
1992	33.41	33.91	33.68	32.61	32.22	29.28	28.15	28.12	28.75	30.12	30.75	32.14
1993	33.75	35.10	35.10	34.70	31.50	29.60	28.50	26.40	29.80	30.20	30.30	30.20
1994	32.30	33.40	32.00	31.80	30.70	28.60	27.20	27.80	29.30	29.80	30.90	32.32
1995	34.02	34.53	34.70	32.58	30.54	29.11	27.65	28.00	29.56	29.81	31.09	31.76
1996	33.50	34.94	34.16	31.62	30.07	26.99	26.48	27.44	28.62	29.29	29.32	31.73
1997	32.71	34.41	34.80	33.01	33.53	31.49	31.40	31.20	32.31	32.10	32.67	33.15

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) TEMPERATURA MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	32.90	33.32	33.53	32.72	30.46	29.71	28.52	27.41	28.21	28.61	29.39	30.89
1999	32.43	32.94	34.12	31.84	28.76	27.18	25.98	26.70	27.67	29.37	30.34	31.26
2000	33.23	34.54	34.16	32.92	29.90	26.72	25.85	27.74	28.73	29.73	29.53	31.34
2001	33.23	34.59	32.97	31.99	28.35	25.50	26.43	26.92	27.77	28.05	29.35	31.31
2002	33.15	34.07	34.54	32.19	31.50	28.24	26.85	27.23	28.72	29.36	30.37	31.92
2003	33.06	34.01	34.46	32.54	30.35	28.59	27.99	28.03	28.04	29.74	30.16	32.24
2004	33.61	34.77	35.37	32.93	29.92	27.87	27.50	28.08	29.35	30.10	30.82	32.54
2005	33.85	34.29	33.25	33.19	29.35	28.21	27.69	27.83	27.91	28.88	29.38	31.75
2006	33.99	34.27	34.19	32.40	29.70	27.55	27.23	28.31	29.13	29.71	31.19	32.43
2007	33.77	34.84	34.43	32.85	29.74	27.79	27.65	27.25	27.88	27.74	29.39	30.48
2008	32.57	33.12	33.57	31.94	28.99	26.69	27.13	27.03	28.73	28.88	29.91	31.63
2009	33.05	33.64	34.14	33.00	30.46	27.91	27.81	27.68	28.50	29.21	29.44	31.27
2010	33.31	33.69	34.20	32.65	30.41	28.64	27.60	27.57	27.70	28.01	28.71	30.63
2011	33.05	34.06	34.44	33.06	30.28	29.43	27.06	27.85	29.17	29.01	30.72	31.74
2012	33.60	33.80	34.38	33.41	31.73	30.19	28.28	28.10	29.04	28.75	29.79	31.05
2013	32.76	34.45	33.28	31.29	28.82	26.91	27.12	27.74	28.41	28.42	28.99	31.66
2014	33.40	34.50	34.90	33.35	31.80	30.90	28.90	29.10	29.80	30.50	30.20	31.20
2015	33.40	34.70	34.80	33.70	31.80	30.60	29.70	29.00	30.70	30.70	30.79	32.80
2016	34.38	35.23	35.04	33.85	31.77	30.40	29.73	29.53	30.37	30.37	31.59	32.94
2017	34.48	33.70	33.02	32.52	30.60	28.40	26.47	26.88	28.34	28.97	29.07	31.77
2018	34.26	35.11	35.28	34.25	30.71	27.47	27.19	28.65	29.54	29.62	30.85	33.00
2019	34.94	34.86	35.83	34.28	32.13	30.03	28.45	28.23	29.01	29.94	30.56	32.99

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	0.30	11.00	21.40	0.40	0.00	3.50	0.00	1.11	0.00	3.50	0.00	0.00
1976	23.30	38.70	1.11	0.00	8.21	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1977	1.41	31.10	22.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.01	0.00	0.00
1978	0.00	0.10	38.60	0.50	0.01	1.20	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
1979	1.71	0.00	1.00	3.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
1980	0.20	2.50	13.70	35.20	0.30	0.00	0.00	0.02	0.00	0.40	5.60	2.90
1981	0.30	1.80	25.71	0.00	0.00	0.00	0.10	0.60	0.00	2.20	0.00	1.50
1982	0.00	0.00	0.00	3.90	1.30	0.00	0.20	0.00	0.10	1.70	6.70	10.10
1983	324.50	161.71	427.10	732.51	379.60	192.41	0.70	0.50	0.00	0.00	0.10	8.50
1984	0.40	29.70	8.00	0.30	2.80	0.00	1.10	0.00	0.00	0.80	0.00	0.10
1985	2.80	3.00	16.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.30	0.00	1.10
1986	1.50	7.11	0.30	7.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	0.00
1987	22.80	78.10	98.60	16.40	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	6.70	0.40	0.00
1988	7.20	0.30	0.00	5.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.90
1989	8.30	42.00	9.10	4.75	0.40	1.10	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
1990	0.00	0.50	3.70	0.00	1.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.40	0.90	2.70
1991	0.20	0.80	1.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	4.00
1992	2.90	11.00	187.10	128.30	12.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	1.00	9.00	45.00	5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
1994	0.10	4.00	46.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
1995	5.71	3.10	0.02	1.10	0.00	0.00	0.30	0.00	1.10	0.30	0.70	7.80
1996	1.80	0.00	0.00	0.41	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.01	23.90	0.60	36.80	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.60	2.40	165.00

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN ACUMULADA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	768.70	500.00	485.80	95.10	5.60	0.00	0.00	0.00	0.20	2.00	0.10	0.20
1999	5.80	33.60	1.10	18.50	3.41	1.40	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.30
2000	2.20	10.50	6.20	24.50	2.70	0.80	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	19.90
2001	11.30	5.90	162.30	18.60	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.70	0.00	7.30
2002	0.00	4.10	132.00	136.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.40
2003	4.10	22.40	4.50	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.50	0.00	6.20	2.10
2004	4.60	0.70	0.00	4.70	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.80	6.70
2005	2.20	0.70	17.70	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00
2006	0.00	26.90	30.70	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.60
2007	6.50	0.00	3.70	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00
2008	7.20	92.30	54.10	35.90	1.00	0.30	2.30	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00
2009	29.70	21.90	18.00	2.50	3.60	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	5.00	1.60
2010	1.00	64.20	25.40	7.10	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
2011	1.40	1.80	0.00	10.40	3.30	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	2.20	1.40
2012	4.00	69.00	26.20	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.70	0.20
2013	0.80	9.20	42.50	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.20
2014	0.30	9.90	7.30	3.65	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	1.20
2015	0.00	0.00	43.30	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.80	52.00	82.10	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
2017	72.30	157.70	498.80	7.10	4.50	0.00	0.20	0.00	0.00	1.80	0.00	0.20
2018	1.50	0.50	0.00	5.30	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	2.30
2019	2.50	37.90	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.50	11.00

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	0.30	7.00	5.80	0.30	0.00	1.30	0.00	1.10	0.00	1.40	0.00	0.00
1976	13.90	18.10	0.60	0.00	8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1977	0.70	12.80	14.10	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00
1978	0.00	0.10	31.90	0.50	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	1.10	0.00	1.00	2.10	4.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00
1980	0.20	2.00	6.60	30.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.40	2.90
1981	0.30	0.60	18.40	0.10	0.00	0.00	0.10	0.60	0.00	0.00	2.20	1.40
1982	0.00	0.00	0.00	2.20	1.20	0.00	0.20	0.00	0.10	1.20	6.70	3.70
1983	67.30	104.50	98.00	151.40	91.80	130.40	0.50	0.50	0.00	0.00	0.10	4.30
1984	0.40	13.00	2.60	0.20	1.60	0.00	0.90	0.00	0.00	0.50	0.00	0.10
1985	2.80	2.40	15.90	0.00	1.30	0.00	0.00	0.30	0.00	1.00	0.00	0.40
1986	0.70	6.10	0.00	4.40	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
1987	11.10	28.90	34.90	5.20	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	5.10	0.30	0.00
1988	3.00	0.20	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.90
1989	2.20	10.10	3.50	0.00	0.30	1.10	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
1990	0.00	0.50	2.40	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.90	1.50
1991	0.20	0.50	1.10	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	3.50
1992	2.90	4.20	80.20	107.10	11.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	1.00	9.00	45.00	5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
1994	1.60	1.80	19.50	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40
1995	2.90	1.90	0.00	0.90	0.00	0.00	0.20	0.00	0.70	0.30	0.70	6.80
1996	1.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.00	15.60	0.50	15.80	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	2.40	54.00

AÑO	MIRAFLORES (34 m s. n. m.) PRECIPITACIÓN MÁXIMA											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	173.60	90.00	112.00	42.50	4.40	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00	0.10	0.20
1999	3.00	16.00	0.70	6.80	0.70	1.30	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	8.50
2000	1.60	5.00	2.80	6.40	2.40	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.80
2001	6.20	3.90	61.50	12.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	4.30
2002	0.00	3.40	103.50	91.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.40
2003	3.10	16.00	3.20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	1.30
2004	2.80	0.70	0.00	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.60	3.60
2005	1.20	0.50	8.70	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00
2006	0.00	12.70	13.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007	2.70	0.00	2.70	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.80	0.00
2008	4.40	29.50	16.50	33.00	1.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	18.30	9.00	12.00	2.20	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	1.00
2010	1.00	35.00	11.50	3.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
2011	1.40	1.80	0.00	9.00	3.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	2.20	0.80
2012	3.10	25.00	11.60	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.20
2013	0.80	3.80	22.60	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.40
2014	0.30	7.50	6.50	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0.00	0.00	18.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.50	18.50	62.30	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
2017	54.20	70.00	81.50	4.20	3.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.80	0.00	0.20
2018	1.50	0.50	0.00	3.50	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.20
2019	2.50	7.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.50	11.00

ANEXO 1.8
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR, ESTACIÓN PAITA
(1975 - 2019)

ESTACIÓN PAITA, TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR 1975-2019 (°C)

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	18.10	21.70	22.80	19.30	16.90	16.10	15.40	15.80	14.70	14.60	14.50	16.30
1976	19.00	24.70	22.70	20.41	20.66	20.49	20.22	18.50	17.26	17.76	18.90	19.84
1977	20.14	21.46	20.74	18.29	16.75	18.13	16.75	15.94	16.22	16.08	17.97	18.62
1978	18.40	21.80	20.59	18.23	16.96	16.57	15.89	15.26	15.41	16.59	18.33	19.48
1979	21.00	19.77	22.08	18.58	18.50	16.99	17.53	16.78	17.2o	18.96	17.91	18.77
1980	20.63	20.54	21.79	19.50	18.86	18.36	16.64	16.55	15.64	16.86	16.20	18.74
1981	17.13	21.63	21.12	18.74	18.96	18.59	16.23	15.87	15.88	16.15	17.50	17.40
1982	21.10	20.12	20.20	18.63	19.01	19.59	20.80	17.25	17.87	21.00	22.99	24.61
1983	26.59	27.54	28.22	29.41	29.41	28.72	23.40	18.98	18.35	17.70	17.54	18.05
1984	19.91	23.41	22.47	19.32	17.37	16.98	16.48	16.37	16.56	16.48	16.48	17.01
1985	18.90	21.00	22.66	19.00	16.00	17.84	16.37	15.99	15.85	16.09	16.69	18.09
1986	21.54	22.31	20.69	18.08	18.08	16.83	17.92	17.46	16.13	18.40	19.60	20.02
1987	21.95	25.94	25.48	22.28	20.50	18.86	18.33	17.26	17.31	18.93	18.22	18.41
1988	18.55	21.21	19.99	18.69	16.62	15.69	15.38	15.14	15.02	15.36	16.69	16.55
1989	19.44	23.94	24.19	19.24	17.17	16.92	16.85	16.07	15.84	16.84	16.68	18.37
1990	19.15	22.15	20.91	19.26	19.28	18.19	16.58	15.96	16.20	16.25	16.83	18.32
1991	19.00	22.80	21.90	18.60	18.80	18.50	17.10	17.70	16.40	17.80	19.30	20.60
1992	21.88	24.01	26.21	24.78	21.89	18.40	16.45	15.91	15.82	16.20	17.66	18.02
1993	20.37	23.58	23.55	21.58	20.45	18.70	18.14	16.70	16.96	16.86	18.31	17.57
1994	20.24	21.94	20.14	18.05	16.49	17.14	16.65	16.25	16.06	18.52	18.62	20.56
1995	21.20	21.93	21.11	18.57	16.71	16.23	16.55	16.19	16.34	16.44	16.43	17.14
1996	18.78	22.18	21.70	16.84	16.46	16.22	15.68	16.26	15.31	15.79	16.51	17.07
1997	18.48	22.28	24.12	21.91	23.60	23.32	22.68	21.85	21.03	21.49	24.54	26.51

ESTACIÓN PAITA, TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR 1975-2019 (°C)												
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	28.10	29.34	29.26	26.15	25.18	19.22	17.84	16.41	16.10	16.31	16.62	17.58
1999	18.34	24.19	23.16	19.89	18.85	17.52	16.69	16.90	16.11	16.36	16.14	16.75
2000	20.03	23.27	21.68	21.91	18.59	17.62	16.97	17.17	15.95	17.17	16.46	17.99
2001	19.56	23.52	25.61	21.70	18.10	17.21	16.93	16.46	15.88	16.46	16.71	18.85
2002	18.81	24.16	25.78	22.35	19.54	17.65	17.14	16.70	17.68	18.90	19.87	20.58
2003	20.76	21.32	21.12	17.66	17.48	16.53	16.42	17.91	17.47	18.68	19.27	19.62
2004	20.14	21.77	21.55	19.66	17.22	16.45	17.16	16.12	17.79	18.19	18.56	17.79
2005	20.34	21.63	19.78	19.75	19.66	17.15	16.82	17.71	16.45	16.46	18.38	18.72
2006	20.95	24.53	21.52	17.89	18.78	18.04	18.40	18.12	17.38	19.09	18.95	18.48
2007	21.99	22.06	20.85	18.08	16.68	17.54	16.75	16.03	15.28	16.57	16.50	16.15
2008	21.58	25.05	25.31	21.90	19.18	19.83	19.16	18.21	17.11	16.32	17.29	17.79
2009	20.85	22.86	21.93	20.10	19.91	18.59	18.06	17.63	17.05	17.22	18.30	21.18
2010	22.20	22.16	21.28	20.19	18.90	17.41	16.04	15.92	15.53	14.84	16.29	17.23
2011	19.00	22.74	21.29	20.99	20.05	19.79	18.30	16.88	16.84	17.35	16.55	16.15
2012	21.07	24.14	23.43	21.78	19.75	19.51	18.69	16.73	17.26	16.83	17.40	17.38
2013	20.37	21.87	22.76	19.45	17.15	16.87	16.11	15.90	16.41	16.04	18.84	17.92
2014	22.11	19.90	20.62	20.58	21.45	20.50	18.12	17.26	16.45	18.27	18.11	18.02
2015	19.58	21.46	22.86	21.07	22.56	21.13	19.89	18.56	19.48	20.16	20.63	23.10
2016	22.00	23.58	23.94	20.97	18.75	17.59	16.79	16.73	16.51	16.32	17.36	18.43
2017	23.02	27.71	28.06	21.92	19.41	18.60	17.49	17.07	16.66	16.81	16.77	17.80
2018	19.80	23.63	20.96	18.67	18.58	17.36	17.74	17.86	17.36	17.50	20.14	20.74
2019	21.85	23.70	22.28	20.90	18.99	17.64	17.46	16.90	17.41	17.56	19.55	20.32

ANEXO 2

AUTORES



Marco E. Nevado Burgos

Philosophy Doctor, Agronomy, Mathematical Statistics

- Consultor en Servicios de Riesgo Empresarial y especializado en áreas de Análisis de Datos, Administración de Riesgo Crediticio.
- Experto en desarrollo de Modelos Predictivos.
- Procesos de Validación, Monitoreo y Políticas de Control, Estrategias de Control de Riesgo Crediticio. Desarrollo de modelos de riesgo por mas de 25 años.
- Más de 25 años de experiencia en Planificación, preparación de datos, desarrollo, prueba y documentación de modelos predictivos.
- Ha proporcionado capacitación en tecnología de Puntuación y Administración de Modelos de Riesgo.
- Experiencia académica por más de quince años como Profesor Investigador en Mejoramiento Genético de Plantas en la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Investigador en Mejoramiento Genético para empresas CIBA y ESCAgenetics.
- Recientemente dedicado al estudio, análisis de datos e investigación del efecto del cambio climático en agricultura.



Ulises V. Vegas Rodríguez

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, La Molina - UNALM.

Con estudios de Post Grado en la Especialidad de Suelos en la Escuela de Post Grado de la UNALM, diplomado en gestión de cadenas productivas en la Facultad de Economía y Planificación - UNALM.
Past Director de la EEA El Chira - INIA
Coordinador de Desarrollo Tecnológico Agrario en la E.E. El Chira y Anexo Hualtaco - Piura.
Especialista en suelos, crédito agrario, en el manejo agronómico de los cultivo de mango, limón, banano, algodón, arroz, maíz, marigold y leguminiosas de grano; también en diseño e instalación en Riego por goteo Sistema INIA.
Consultor en trabajos de estudios de suelos, agua y diseño de sistema de riego e investigador Agrario en el Cultivo de Mango (Podas, injertos intermedios y alternancia productiva), colaborador de investigaciones en los cultivos de banano orgánico, arroz, maíz y algodón PIMA desde el año 2003 hasta la fecha.



César Talledo Mendoza

Ingeniero Agrónomo, titulado y colegiado

- Con más de 20 años de experiencia, egresado de la Universidad Nacional de Piura.
- Estudios de postgrado en España, Colombia e Israel.
- Estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental y Candidato a Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad de Piura.
- Ex Director contraparte del Programa de Desarrollo Rural Sostenible, implementado mediante convenio entre el Gobierno Regional Piura y la Cooperativa Alemana - GIZ.
- Actual Coordinador del Programa NORBOSQUE y Especialista sobre Cambio Climático de la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del medio Ambiente.



Carlos Alberto Granda Wong

Doctor Ingeniero Agrónomo, Universidad Politécnica de Valencia - España

Estudios de maestría en agronegocios - Universidad Privada de Piura.
Investigar CONCYTEC, Consultor y asesor en temas de sanidad vegetal, 25 años de trabajo ininterrumpido en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura, asumiendo diferentes cargos académicos y de investigación, como: Docente del área de Entomología y Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal.
Ex Decano de la Facultad de Agronomía.
Ex Director de Instituto de Investigación.
Experiencia como asesor de tesis de pregrado y postgrado.
Ex director de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Agronomía.



Gregorio A. Marquezado Coronado

Ing. Agrónomo CIP 9471, Egresado de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Piura

Participante en el primer curso nacional de operación conservación y desarrollo de distrito de Riego, auspiciado por el IICA y CIDIAT. Lima, Perú, agosto-setiembre 1972.
Integrante de la Comisión Técnica del Ministerio de Agricultura que participó en el Curso Sub Regional para Ejecutivos de Extensión Rural de los países andinos, auspiciado por la FAO. Caracas, Venezuela, diciembre 1987.
Actualmente, dedicado al estudio del impacto global de los efectos del cambio climático.
Director de la Unidad Agraria Departamental de Piura. Agosto 1985 - Mayo 1989.
Presidente del Directorio de la Autoridad Autónoma del Proyecto Especial de Irrigación Chira-Piura. Agosto 1986, Mayo 1989.
Jefe de la Oficina Agraria, San Lorenzo. Enero 1975 - Julio 1981.



Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe

Ingeniero Pesquero, Egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal 1976.

- Estudios de posgrado en Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional de Piura.
- Becario por el JICA de estudios pesqueros. Mar del Plata Argentina.
- Diplomado en implementación y auditoría de sistemas integrados de gestión de calidad ambiental, salud y seguridad ocupacional en la Universidad Nacional de San Marcos.
- Se ha desempeñado como profesor principal por 30 años en la Universidad Nacional de Piura, en la Facultad de Ingeniería Pesquera.
- Coordinador del convenio con la Comunidad Económica Europea para estudios en las caletas pesqueras de Piura.
- Más de 40 años de experiencia en el Sector Pesquero, sobre todo en Pesca Artesanal.
- Instructor en tecnlogías de artes de pesca de altura, en el Centro de Entrenamiento Pesquero de Paita.
- Instructor en tecnología de pesca a bordo, en el Ministerio de Pesquería.



José Remigio Argüello

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Especialista en Suelos
Egresado de la Universidad Nacional Agraria, La Molina 1985.

- Estudios doctorales en medio ambiente y desarrollo.
- Docente de pre y posgrado (PROMAGRO), Profesor Principal y Director en el Departamento Académico de Suelos en la Facultad de Agronomía de la UNP, Ex Director de Investigación UIFA.
- Asesor de tesis en pre y pos grado.
- Asesor del Grupo de investigación en suelos (GICS)
- Investigador en suelos en la temática: Nutrición mineral de las plantas, contaminación y remediación de suelos, Geomorfología de suelos, Fisiografía de suelos y Taxonomía de suelos.
- Consultor en formulación gestión, ejecución y supervisión de proyectos de invesrsión pública, en cultivos como banano, café, cacao organicos, forestales y ganadería.
- Consultor privado en estudios de impacto ambiental, para proyectos de desarrollo agrícola, forestales, riego e hidroenergéticos.
- Actualmente dedicado al estudio de los impactos del cambio climático en suelos y el agroecosistema.



Juan Carlos Rojas Llanque

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali

Con posgrado en Agricultura Sostenible con énfasis en producción orgánica en la UNALM y la UNP, especializaciones en Gerencia para Administración de Empresas (IPAE), Gerencia de Proyectos PMI (UDEP), Businness Administración (ESAN), Innovación en banano orgánico (UDEP) y Manejo de Fertilización en sistemas Agrícolas (MASHAV, Israel).
Investigador RENACYT del Programa Nacional de Frutales del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, con 24 años de experiencia en cultivos tropicales en costa y selva.
Asesor de tesis, lideró el Programa Nacional de Frutales del INIA.
Experiencia en el diseño y ejecución de proyectos con la cooperación nacional e internacional en Investigación y Transferencia (Bioversity International, GIZ, FONTAGRO, CGIAR), proyectos desarrollados en alianza con investigadores y productores de Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana.
Areas de investigación y desarrollo: Salud de suelos, MIP, Fusarium, cosecha y post cosecha y Agricultura Digital.



Humberto Correa Cánova

Economista por la Universidad Nacional de Piura, Maestro en Ciencias con Mención de Desarrollo Rural, Docente principal d Investigador en la UNP.

Desarrollo profesional en planificación del desarrollo, desarollo rural, gestión pública, Medio Ambiente y Economía Ecológica, teoría monetaria y macroeconomía. Es past Decano de la Facultad de Economía en dos periodos y past decano del Colegio Profesional de Economistas, Ex-presidente del Directorio del MIM en Piura. Mejorando la Inversión Municipal- Programa del Banco Mundial en Perú, Asesor y Consultor externo de la Cámara de Comercio de Piura y del Frente Cameral del Perú, entre otras instituciones piuranas y peruanas.
Investigador en área del desarrollo regional y local, planificación estratégica regional, desarrollo agrario y rural, con trabajos publicados en el CIES, Universidad del Pacífico y BCR de Perú y BCR de Ecuador y conferencista en materias diversas en el desempeño.



Marvin Suarez Guerrero

Economista por la Universidad Nacional de Piura, estudios de Maestría en Ciencias Económicas por la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).

Especialista en métodos cuantitativos con datos espaciales, series de tiempo y corte transversal. Actualmente se desempeña como Analista de Riesgos de Mercado y Liquidez en Caja Municipal de Ahorro y Crédito de Piura. Becario del Programa del CIES "Hacia una nueva generación de docentes en las universidades de regiones" para el financiamiento de tesis de maestría. Distinguido como joven investigador Senior en el VI Encuentro Internacional de Economía (Ecuador), y cuenta con dos investigaciones publicadas por el Fondo Editorial de la Universidad del Pacífio (Lima) y el Banco Central del Ecuador. Sus áreas de interés e investigación son el desarrollo regional, convergencia económica, inversión pública, cambio climático y finanzas.

AUTORES Y TEMÁTICA DESARROLLADA

Efectos del cambio climático en la hidrología de la Región Piura
Ing. Gregorio A. Marquezado Coronado
Ing. Máximo Enrique Ñáñez Aizcorbe

Diagnóstico de los impactos del cambio climático en el recurso suelo, Región Piura
Ing. José Remigio Argüello M.Sc.

Efecto del cambio climático en la biodiversidad de la Región Piura
Marco E. Nevado Burgos Ph.D.
Ing. César Talledo Mendoza

Efecto del cambio climático en el comportamiento de las plagas agrícolas en la Región Piura
Dr. Carlos Alberto Granda Wong

Relación entre las enfermedades en los cultivos y los cambios de clima en la Región Piura
Ing. Ulises Vladimiro Vegas Rodríguez
Ing. Juan Carlos Rojas Llanque

Mejoramiento genético de plantas como alternativa para mitigar el efecto negativo del cambio climático en la agricultura de la Región Piura
Marco E. Nevado Burgos Ph.D.

Impacto del cambio climático en la producción agrícola de Piura, periodo 1975-2019
Econ. Humberto T. Correa Cánova
Econ. Marvin Suárez Guerrero

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Av. Arequipa 4947, Miraflores
(01) 445-6540 • 445-5540
www.cip.org.pe

ISBN: 978-612-49148-7-4