

# CAPITULO I

## I. GENERALIDADES

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

El cambio climático constituye uno de los principales componentes de la problemática ambiental a nivel mundial, representa una grave amenaza a las actuales y futuras condiciones de vida, sensibilidad de ecosistemas naturales y desarrollo de actividades productivas, debido al incremento de la temperatura ambiental y regímenes climáticos que modificarán sustancialmente las formas de vida de la sociedad actual.

En el Perú, las principales consecuencias asociadas al potencial cambio climático y elevación de la temperatura promedio ambiental, están referidas al incremento de las áreas vulnerables a la ocurrencia de eventos de desastres, por una mayor precipitación pluvial y mayores descargas hídricas en los principales ríos y cursos de agua, con la consecuente pérdida por inundación de áreas de cultivo y destrucción de infraestructura hidráulica para el aprovechamiento de las aguas. Es pertinente citar en este contexto el déficit de humedad o sequía, el cual también se hace recurrente en los últimos años y el año 2004 no ha sido la excepción.

El incremento de la temperatura ambiental provoca una alteración de las condiciones naturales que modifican la fisiología y el desarrollo de los cultivos, con la consecuente afectación de actividad agrícola tanto en cultivos alimenticios como aquellos que tienen potencial para agroexportación. De otro lado, este incremento de la temperatura promedio ambiental implica la afectación de los ecosistemas naturales frágiles cuyas características de hábitat y especies de flora y fauna silvestre están asociadas a las condiciones ambientales específicas en cada región.

En tal sentido, es necesario desarrollar acciones estratégicas orientadas a mitigar y reducir los riesgos de desastres y alteración de ecosistemas naturales frágiles, por la ocurrencia del cambio climático en nuestro país, a través de la debida identificación de medidas y procesos de adaptación viables y sostenibles en el tiempo, de acuerdo a las características ambientales de la cuenca del río Piura, lo que servirá como modelo para su implementación en otras cuencas y regiones del país.

El subproyecto VA-04 ejecutado por INRENA desarrolla y complementa la información acerca de la vulnerabilidad física natural actual en áreas de interés en la cuenca del río Piura, como la subcuenca San Francisco, subcuenca San Francisco y Zona del Bajo Piura, como parte de las acciones realizadas en el marco de una evaluación local integrada.

El estudio sido coordinada por la Autoridad Autónoma de la Cuenca del Chira-Piura, participando los subproyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para la vulnerabilidad marino costera y biológico pesquera, y el organismo no gubernamental Intermediate Technology Development Group (ITDG) para la vulnerabilidad socioeconómica.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), ha elaborado la Caracterización Climática y los Escenarios Climáticos para la Cuenca del río Piura, que se utiliza para determinar la Vulnerabilidad Futura.

Mediante este subproyecto se fortalecen las capacidades técnicas y operativas del INRENA para el desarrollo de proyectos sobre vulnerabilidad físico natural en otras áreas de interés en el territorio nacional, y facilitará la difusión de información y tecnología disponible en la institución como parte del fortalecimiento de entidades locales y regionales en Piura, ello permitirá la inserción del tema Cambio Climático en los múltiples estudios que la institución lleva a cabo permanentemente.

INRENA ha ejecutado una estrategia técnica, que permitirá con este proceso, una pronta toma de decisiones, planeamiento y monitoreo en la utilización de los recursos, mediante la automatización del procesamiento de la información. Una de las tecnologías de apoyo para ello es el Sistema de Información Geográfica (SIG). Herramienta que no solamente permite producir mapas, sino también permite obtener mediante modelamientos, la determinación de la vulnerabilidad actual y determinación de la vulnerabilidad futura frente a eventos desencadenados por el cambio climático, prevención de posibles desastres naturales, planeamiento de cultivos y planeamiento urbano, por nombrar algunos.

El Marco internacional para las políticas de adaptación, en la determinación de la Vulnerabilidad Física Natural en la Cuenca del Río Piura, parte de los lineamientos presentados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual establece cinco fases que van desde el análisis del diseño del Estudio hasta el seguimiento de los procesos de adaptación planteados. El subproyecto VA-04 ha desarrollado las cuatro primeras fases, culminando en la elaboración de las Estrategias de Adaptación.

La fase de Seguimiento implica la participación de los actores locales, quienes deberán tomar la decisión de aplicar un Sistema de Adaptación al Cambio Climático en sus Políticas de Desarrollo, obviamente es una fase de Implementación en la cual se necesita de voluntades políticas y financieras para su desarrollo; evidentemente ello implica una segunda fase del Programa Proclim, en forma coordinada con los gobiernos locales, regionales y el estado en su conjunto.

El presente informe corresponde al diagnóstico de la Vulnerabilidad Física Natural del área de Interés Subcuenca San Francisco, que fue elegida como una de las áreas de interés a ser estudiada en las actividades previas, efectuadas a través de talleres con la población de la cuenca del Río Piura, ello en cumplimiento de las metas del PROCLIM y de los Objetivos de Inrena a través de los compromisos contraídos en el convenio para la realización del presente estudio.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar las condiciones de vulnerabilidad físico natural del territorio en la subcuenca del río San Francisco frente a la potencial ocurrencia de eventos naturales generadores de desastres y severas alteraciones de las condiciones naturales debido a la ocurrencia de diversos escenarios de cambio climático, y desarrollar una

propuesta que permita reducir los riesgos de desastres y aplicar medidas de adaptación a la ocurrencia de dichos fenómenos.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

Evaluar las condiciones ambientales naturales de la cuenca del río San Francisco asociadas a la determinación de la vulnerabilidad física del territorio y de los ecosistemas naturales frente a la ocurrencia de impactos debido a diversos escenarios de cambio climático.

Caracterizar el área de interés por su vulnerabilidad actual y futura debido a que albergan ecosistemas naturales frágiles cuyas condiciones de hábitat de especies de flora y fauna silvestre serían afectados por incremento de la temperatura ambiental global y alteración del sistema climático.

Elaborar una propuesta conteniendo las medidas y acciones de mitigación y reducción de riesgos en el sector agrario frente a la ocurrencia de eventos asociados al cambio climático, así como identificar y proponer las medidas de adaptación preventivas respectivas, a ser consideradas por los líderes y dirigentes del sector público, privado y comunidad organizada en la región.

## **1.3 ACTIVIDADES PREVIAS**

Para el cumplimiento de las metas se formó un equipo de trabajo el cual esta integrado por un Supervisor, una coordinadora técnica, una coordinadora administrativa, un consultor externo especialista en el tema para como integrador del estudio y un equipo de 11 profesionales y 4 Especialistas SIG (personal del INRENA). Se adjunta cuadro con los profesionales participantes del estudio.

Se realizaron las siguientes actividades:

- A. Elaboración de la cartografía base mediante el proceso de digitalización, edición y compilación sobre el ámbito de estudio.**
- A1. Metodología Detallada sobre el procesamiento de la información cartográfica.**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas sofisticadas que permiten integrar la información descriptiva y espacial de elementos extraídos del mundo real. Estos sistemas son usados para capturar, almacenar, integrar, analizar y desplegar datos georeferenciados. Además, tienen una amplia gama de aplicaciones para el manejo de recursos naturales, diagnóstico y planificación del territorio; con la capacidad de visualizar, explorar, consultar y analizar datos espaciales para el mejor manejo de los recursos naturales.

La automatización de información cartográfica se realizó utilizando las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica, como los programas Arcview, Arc/info, como softwares especializados para el manejo y análisis de Bases de Datos Geográfica enlazadas interactivamente con mapas gráficos.

Los datos cartográficos son recopilados de diferentes fuentes, acondicionados, estandarizados, automatizados y almacenados en formato digital. Las coberturas: ríos, vías de comunicación, centros poblados, curvas de nivel, límites políticos, forman los documentos base, para el análisis geográfico espacial y elaboración de mapas de diagnóstico

## **A2. Acondicionamiento de Información**

Esta etapa consiste en preparar el material cartográfico de formato analógico y digital en una misma proyección y escala para su procesamiento, digitalización y almacenamiento en una Base de datos espacial confiable.

## **A3. Generación de la Información Cartográfica**

Esta etapa consiste en la captura de información de ráster a vector. La información ráster, es un medio posible para la entrada de datos, porque permite realizar la digitalización manual en pantalla, así como el proceso de vectorización automática en algunos casos.

Digitalización de la información es la conversión de mapas analógicos a mapas digitales en modo de puntos, líneas y polígonos para formatos vectoriales, se realiza desde pantalla.

Esta Etapa también consiste, en la estandarización de proyección, escala e integración de la información digital en diversas capas temáticas.

## **A4. Edición de La Información Cartográfica**

La Edición es la etapa que consiste en la detección, corrección de errores y construcción de la topología geométrica.

Cuando se digitaliza una cobertura de un mapa, se puede cometer varios errores, entre los errores más frecuentes se encuentran: Arcos no conectados (Undershoot), Arcos colgantes (Overshoot) y Polígonos con más de un identificador o sin ninguno.

## **A5. Elaboración de Base de Datos Espacial**

Esta fase consiste en incorporar la información descriptiva a cada capa temática, tales como nombres, símbolos, clasificación, descripción, características importantes, coordenadas, altitud, área, perímetro, longitud, etc., de acuerdo a los requerimientos de los especialistas que analizarán la información.

## **A6. Análisis de Base de Datos Espacial**

Esta fase consiste en realizar consultas, seleccionar información de atributos, correspondiente a una temática determinada; este análisis se realiza de acuerdo a criterios predominantes para determinar los submodelos óptimos por las diversas fases de discriminación de la información espacial para lograr resultados como la zonificación y la planificación sostenible del territorio.

## A7. Automatización del mapa base de ámbito de estudio

Consiste en digitalizar los componentes de los mapas base elaborados previamente por el especialista a fin de disponer la información almacenada en la computadora, de las cuales se distingue la selección y generalización, se realiza a escala requerida 1:25,000 (en este caso).

## A8. Procesamiento del mapa Base:

Una vez que la información del mapa digitalizado ha sido desarrollada, la utilización de las funciones del SIG prosigue sin problemas, el proceso de edición, selección, generalización geocodificación permite mejorar el diseño gráfico con polígonos debidamente encerradas, asignándole a cada uno su respectiva etiqueta. (Las etiquetas son asignación LABEL que nos permite ingresar información de tipo nominal o numérico de manera particular para cada polígono, podemos saber el área, color, clase de polígono, etc.)

Una cobertura también es un modelo digitalizado que almacena características geográficas conectados topológicamente con datos descriptivos asociados y almacenados en forma de un mapa automatizado, son de distinto tamaño según sea la presentación del mundo entero o una ciudad pequeña.

Los mapas en formato gráfico y digital muestran suficiente información que permiten vincular al usuario con el mundo real. Aportan información útil para la toma de decisiones ambientales - territoriales. Permiten determinar distancias, superficies y ubicación de puntos de interés a través de coordenadas UTM. (en el presente caso), Permiten la comunicación con el mapa, a través de símbolos debidamente representados

Tipos de coberturas que se ha utilizado:

- Cobertura del punto: El tipo de característica son los puntos, se denomina con la palabra clave POINT.
- Cobertura del arco: El tipo de característica son los arcos, se denomina con la palabra clave LINE.
- Cobertura del polígono: El tipo de característica son los polígonos, se denomina con la palabra POLY.
- El mapa base del Subproyecto VA – 04 Vulnerabilidad Física natural de la cuenca del Río Piura cuentan entre otras con las siguientes coberturas:

NOMBRE DE LA COBERTURA	TIPO DE COBERTURA
Zona Urbana	Polígono
Centro Poblado	Punto
Limite de la cuenca	Polígono
Red Vial	Línea
Curvas de nivel	Línea
Cotas	Puntos
Señal Geodésicas	Puntos
Hidrografía	Líneas
Lagos u Lagunas	Polígonos

*FUENTE: el mapa se elaboro en base a las cartas nacionales del IGN del año 2001-2002 (Actualización). Zona 17, Datum WGS 84, Proyección UTM.*

## A9. Composición de Mapas

Este proceso consiste en la producción cartográfica que tiene como propósito principal el despliegue de los resultados del proceso SIG, en diferentes etapas, a través de mapas automatizados, cuyos niveles de complejidad varían desde la representación de mapas básicos hasta la representación de mapas temáticos producto del análisis e integración de otros mapas.

Los elementos principales que debe contener un mapa son:

- Marco
- Títulos
- Leyenda y texto descriptivo
- Contenido Geográfico
- Mapa de Ubicación
- Coordenadas.
- Programas y Equipos.

### A.9.1 Programas

El software que se utiliza en el SIG está diseñado para el almacenamiento, proceso, recuperación, manipulación y presentación de datos espaciales referenciados. El más utilizado es:

ARC/VIEW, es una herramienta poderosa y fácil de usar que pone la información geográfica en su escritorio pues brinda la capacidad de visualizar, explorar, consultar, analizar, manejar datos espaciales y realizar las presentaciones cartográficas.

ARC/INFO, es un lenguaje de mandatos capaz de gestionar información cartográfica que puede estar en 36 sistemas, siendo el UTM uno de ellos; Asocia topología de polígonos, líneas, que permite realizar análisis de inclusión con elementos; puede configurar un modelo digital de terreno con información altimétrica; permite geocodificar información, etc.

El ARC/INFO es un sistema abierto tanto al nivel de entrada como de salida con más de 1000 comandos, que incluye capacidades de análisis de consulta y selección de elementos en distinto módulos.

### A.9.2 Equipos utilizados

- Computadora PC de 2.13 GHz con monitor de 19 Pulg.
- Impresora en red
- Plotter Hewlett Packard Design Jet 750 C plus

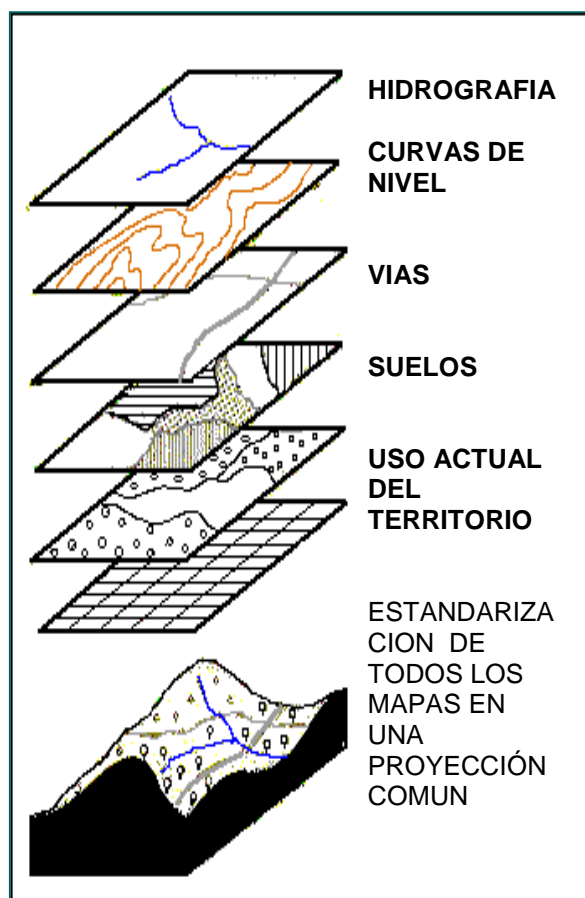
### A.9.3 Síntesis Teórica sobre Procesamiento SIG

#### ESQUEMA DEL PROCESO DE AUTOMATIZACION SIG

En el siguiente esquema se observa una representación abstracta de la realidad bajo la forma de un modelo analógico que evidencia las posiciones relativas de los diferentes elementos en el área estudiada.

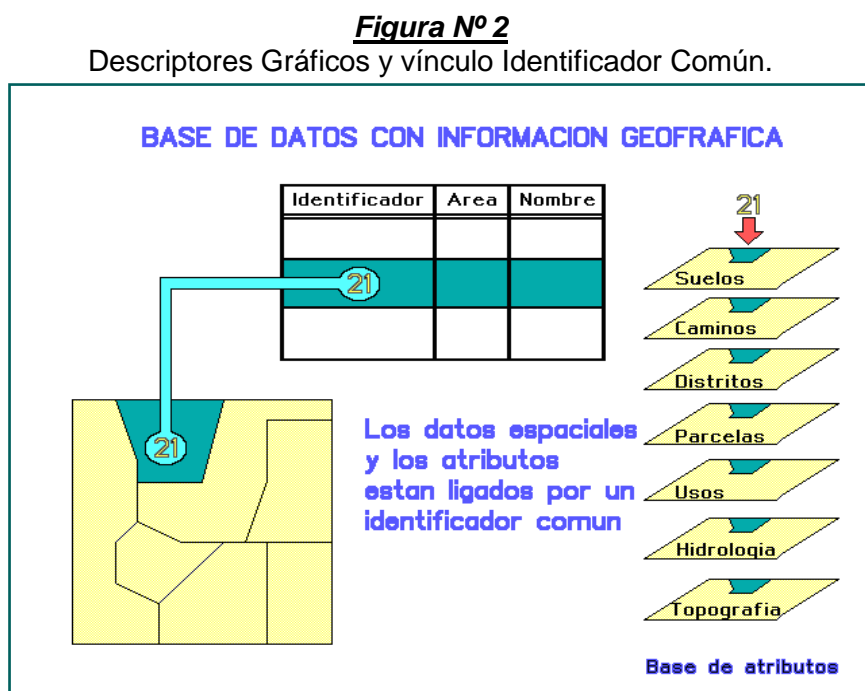
***Figura Nº 1***

Modelo Analógico de Automatización SIG.



## BASE DE DATOS DE INFORMACIÓN ESPACIAL GEOGRAFICA

La siguiente figura muestra la forma de asociación lógica de los atributos descriptores de las unidades gráficas. Se evidencia que el único vínculo lo constituye un identificador común que permanece constante para relacionar únicamente cada uno de los elementos gráficos con sus respectivas descripciones.



### 1.4 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 1.4.1 Ubicación Geográfica

El espacio geográfico de la Subcuenca del Río San Francisco se ubica en la zona 17 del Esferoide Internacional, con coordenadas UTM: 9 450 000N – 9 480 000 N y 573 000E – 605 000E. Tal como se muestra en el mapa de Ubicación Mapa N° 1.

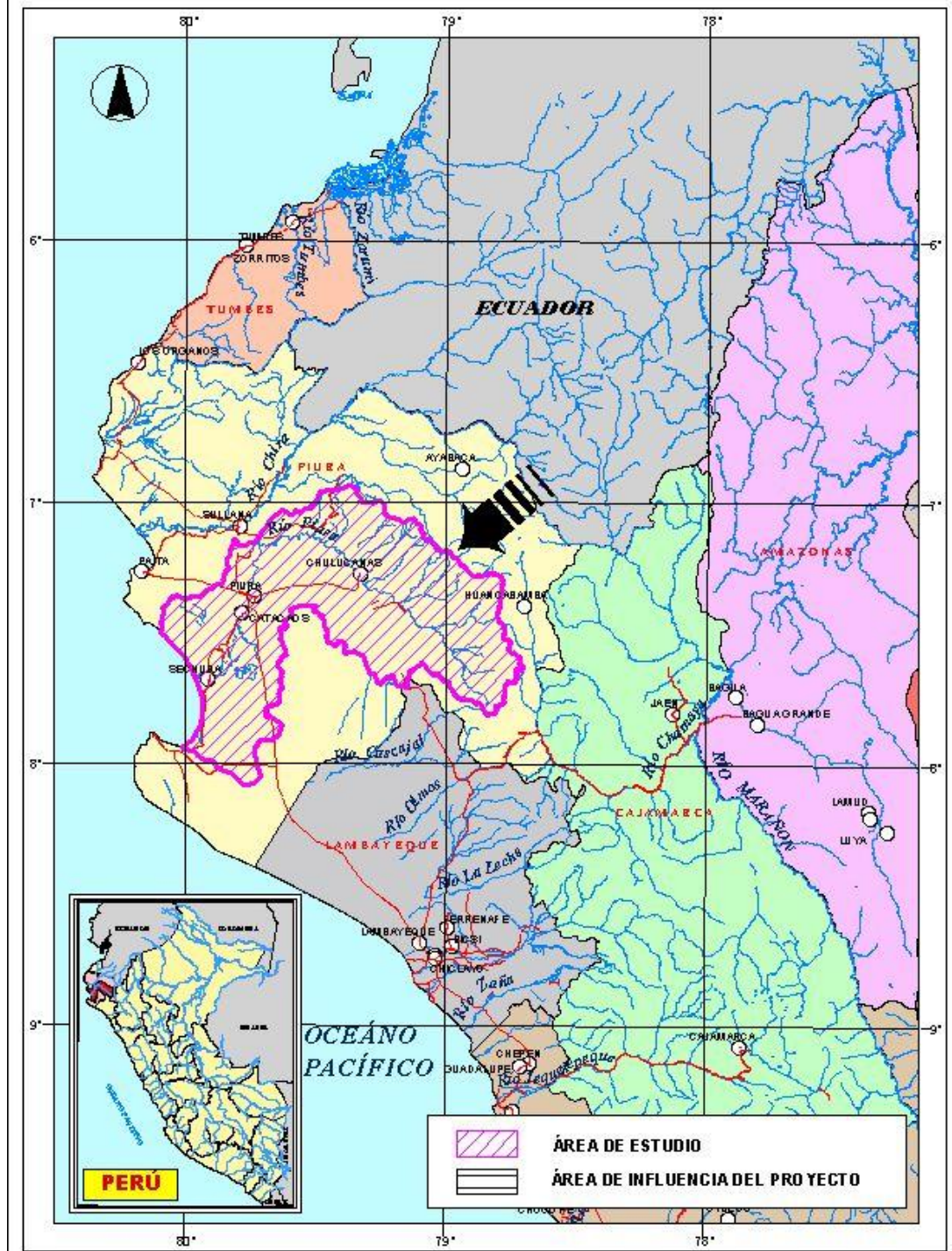
#### 1.4.2 Ubicación Política

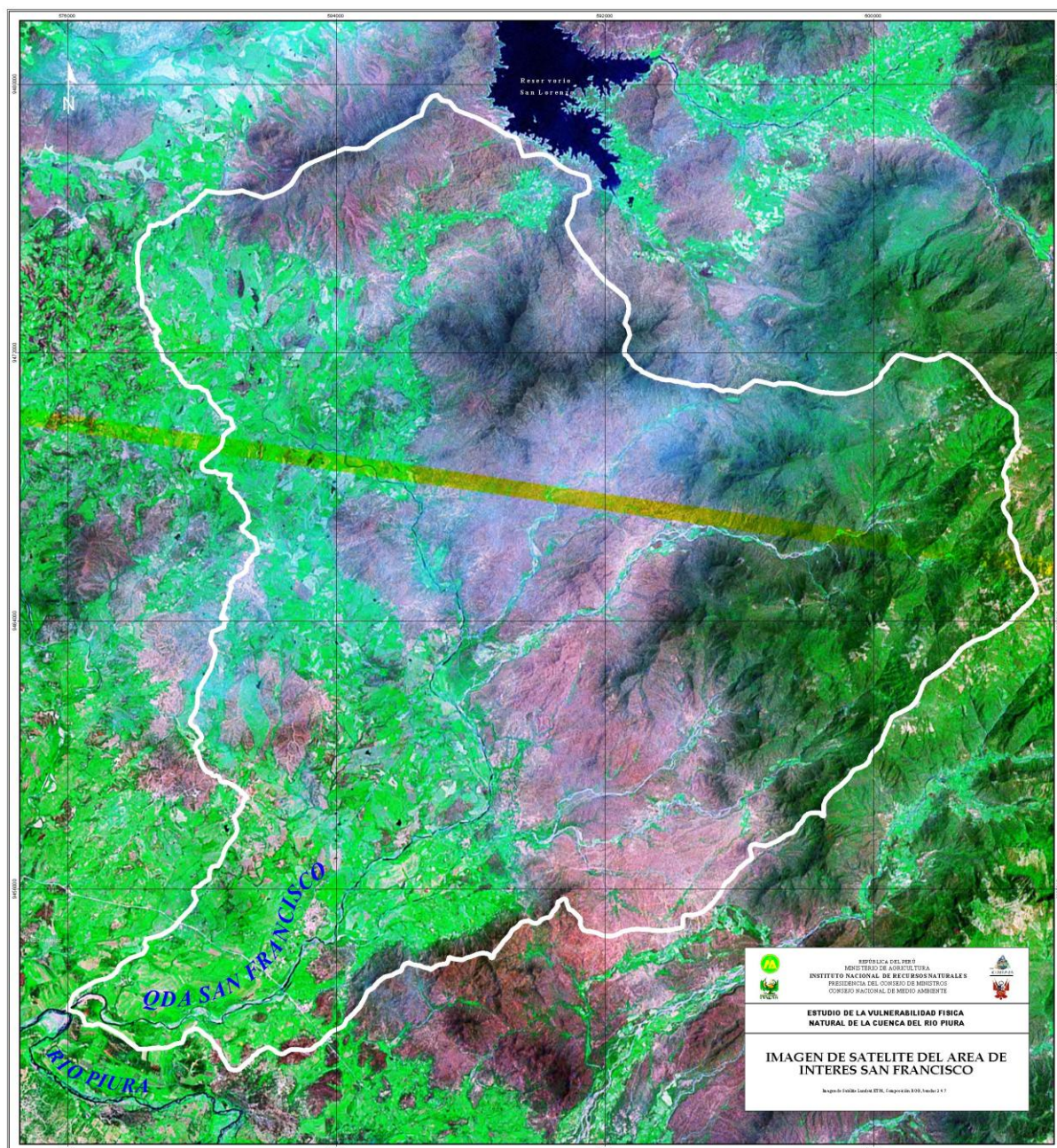
La Subcuenca del Río San Francisco comprende 2 provincias de la Región Piura, las provincias a su vez comprenden a 2 distritos distribuidos de la siguiente manera:

AREA DE INTERES SAN FRANCISCO		
DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Tambogrande	Piura	PIURA
Las Lomas	Piura	PIURA



# MAPA DE UBICACIÓN





## CAPITULO II

### II. METODOLOGÍA

#### 2.1 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD

##### 2.1.1 Enfoque Metodológico

La metodología ejecutada para el presente estudio se ha establecido desde dos puntos de vista, en primer lugar desde el punto de vista temático específico, el cual es explicado en el desarrollo de cada tema en el capítulo III. En dicho capítulo se expone el Diagnóstico Físico Natural de la Subcuenca San Francisco, en términos generales el diagnóstico se ha realizado mediante la revisión de estudios anteriores realizados en el área de interés, uso de software y hardware adecuado para el manejo de data, trabajo sistemático de campo y trabajo final de gabinete.

En segundo lugar, se tiene el enfoque metodológico planteado a partir de los conceptos de Riesgo, Sensibilidad, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático. Ambos puntos de vista se armonizan mediante la integración temática y el desarrollo del modelo de vulnerabilidad.

El enfoque metodológico toma en cuenta la gestión del riesgo en todas sus facetas y niveles, por lo tanto ha considerado lo siguiente:

- Una relación estrecha con el desarrollo y su gestión.
- Ser visto como un proceso y no un producto.
- La participación y apropiación por parte de los sujetos del riesgo y sus organizaciones, y la integración de estructuras organizacionales-institucionales permanentes y sostenibles.
- La integración con actores sociales de niveles territoriales diferenciados.
- Ser visto como algo transversal e integral.
- Pretender la sostenibilidad en el tiempo y en el territorio.

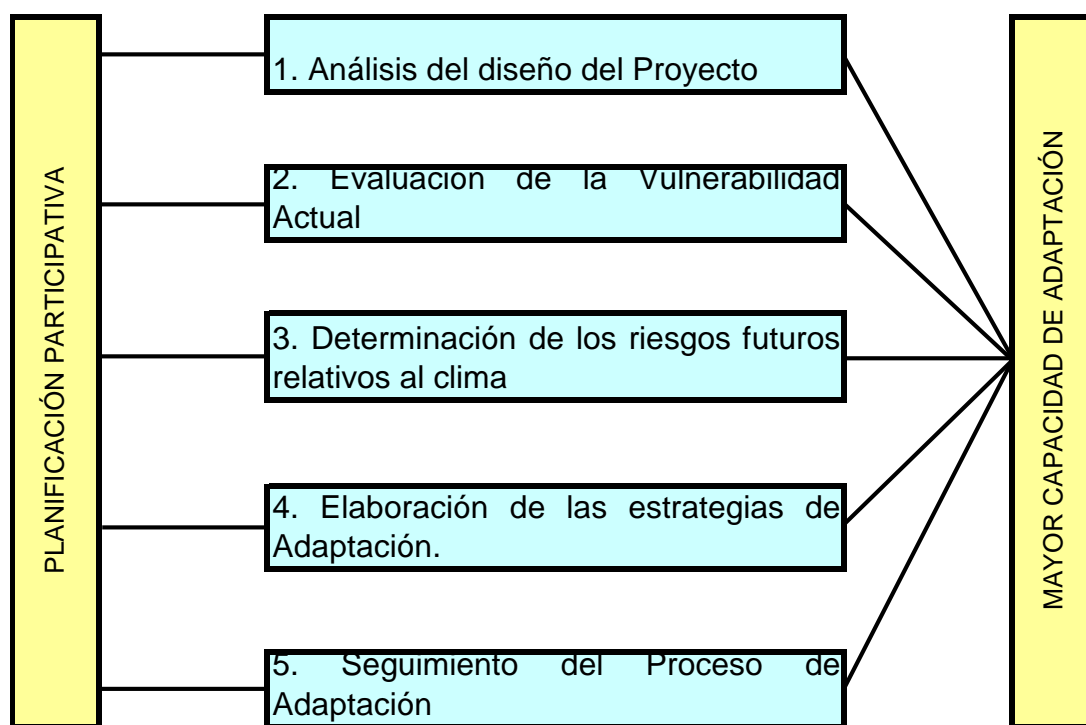
##### 2.1.2 Esquema Metodológico

El Marco internacional para las políticas de adaptación, en la determinación de la Vulnerabilidad Física Natural en la Subcuenca del Río San Francisco, parte de los lineamientos presentados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual establece cinco fases que van desde el análisis del diseño del Estudio hasta el seguimiento de los procesos de adaptación planteados.

El Marco para las Políticas de Adaptación plantea una Planificación Participativa, lo cual va a desencadenar en una mayor capacidad de adaptación, tal como se muestra en la Figura N° 3.

**Figura Nº 3**

Esquema establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático en el Marco para las Políticas de Adaptación.

**MARCO PARA LAS POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN (\*)**

(\*)Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

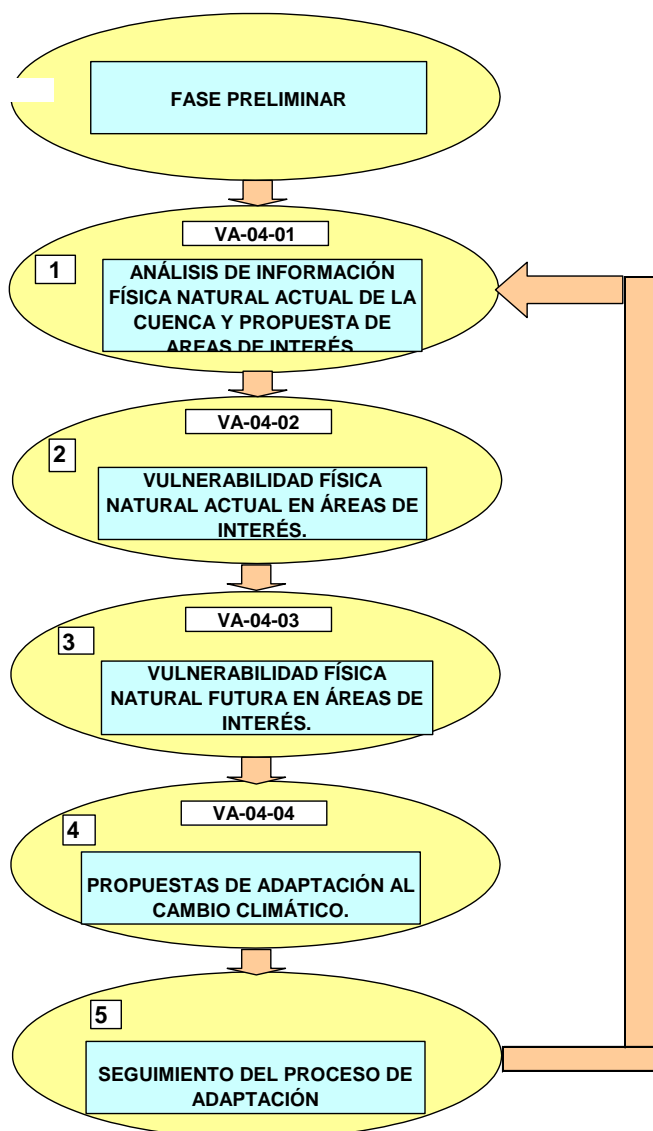
**2.1.3 Explicación del Esquema Metodológico.**

El Subproyecto VA-04 ha realizado las cuatro primeras fases propuestas en el esquema establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático en el Marco para las Políticas de Adaptación; esta fases son: El análisis del diseño del proyecto, la evaluación de la vulnerabilidad actual, la determinación de los riesgos futuros relacionados con el cambio climático y la elaboración de las estrategias de adaptación.

La quinta etapa correspondiente al seguimiento de los procesos de adaptación merece un planteamiento coordinado y participativo con los actores de la Subcuenca San Francisco, quienes en forma colectiva a través de relaciones interinstitucionales deberán monitorear la ejecución de las estrategias de adaptación planteadas. En la última etapa se realiza la toma de decisiones para la asignación de financiamiento a los proyectos contenidos en un **Sistema de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca** que se encaminan a ejecutar medidas y procesos de adaptación.

En la Figura N° 4, se presenta el esquema general del enfoque metodológico para el Subproyecto VA-04, que ha seguido los lineamientos de la Convención Marco de las Naciones Unidas en sus cinco etapas.

**Figura N° 4**  
Esquema general del enfoque metodológico del Subproyecto VA-04



En este sentido se ha tomado los conceptos emitidos por el IPCC, con la finalidad de homogenizar el enfoque y criterios para evaluar los efectos del cambio climático; los conceptos centrales, existiendo muchos más, se citan a continuación, tomando como conceptos eje Vulnerabilidad y la Capacidad de Adaptación.

### **Vulnerabilidad**

*Es el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del Cambio Climático, incluidos la Variabilidad y los extremos del Clima.*

*La vulnerabilidad es función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.*

*Por ejemplo la capacidad de respuesta de la sociedad, especialmente en el sector agropecuario, fue mucho más "eficiente" durante el FEN 1998 respecto al FEN 1983; por lo tanto el sector fue más vulnerable durante el FEN 1983. Es evidente que son más vulnerables los estratos más pobres de la población que aquellos que tienen un poder adquisitivo mayor.*

### **Capacidad de Adaptación.**

*Es la habilidad de un sistema de ajustarse al Cambio Climático (incluida la variabilidad del Clima y sus extremos), para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias.*

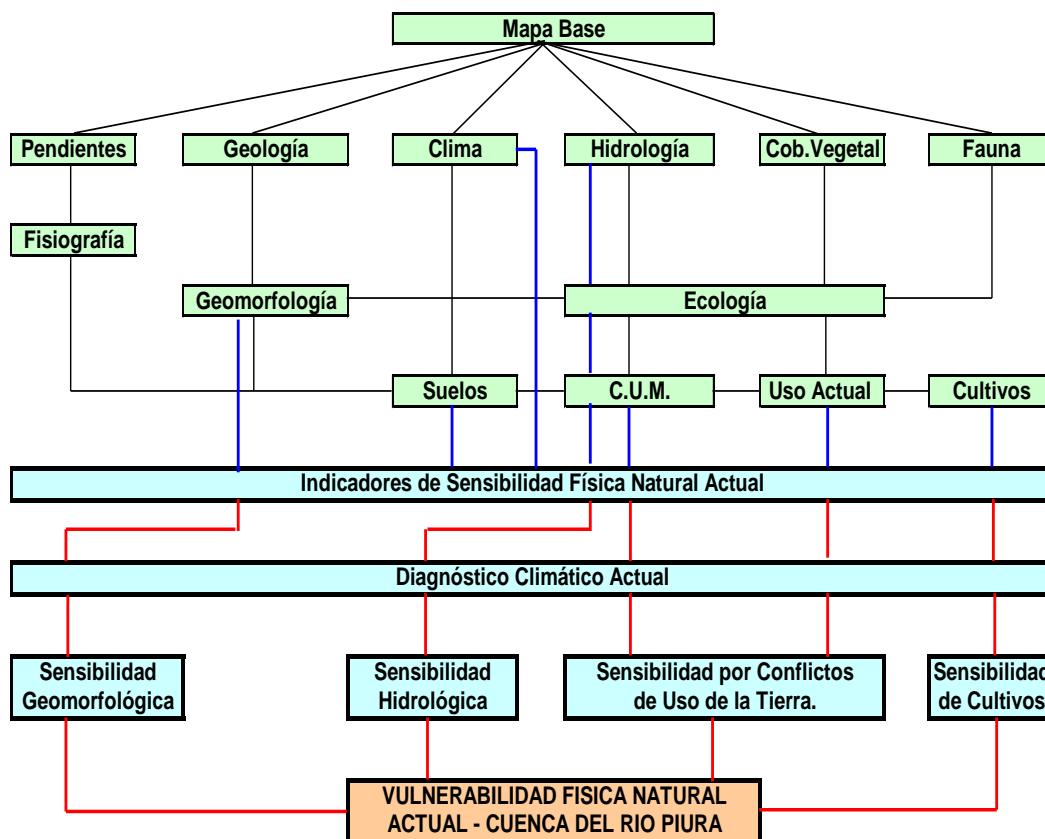
*Es posible que ante un escenario de Tropicalización de la Costa Norte, se origine un bosque emergente al cual se le debe manejar con fines productivos, ecológicos y escénicos. La cédula de cultivos variará y los patrones de consumo se modificarán por las nuevas especies cultivadas. Las prácticas estructurales y no estructurales para mitigar los impactos serán diferentes (diseño de puentes, diques, presas, drenes, etc; así como el sistema educativo y las políticas de gobierno local, regional y nacional)*

### **Esquema de Integración Temática y de Vulnerabilidad en el Estudio.**

En el siguiente esquema se muestra cómo los aspectos temáticos se han relacionado unos con otros para llegar al final a la integración de la Vulnerabilidad Física Natural en la Sub-Cuenca del Río San Francisco.

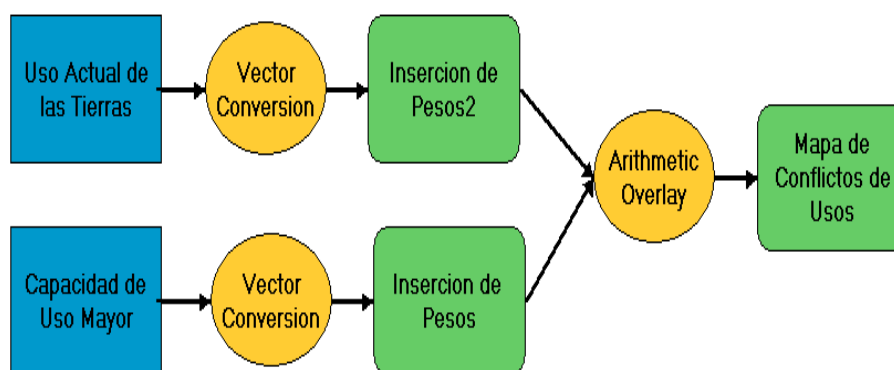
El mapa de inicio para todas las disciplinas es el Mapa Base, el cual contiene la topografía, hidrografía, centros poblados y vías principalmente. A partir del Mapa Base se confecciona el Mapa de Pendientes, el cual se ha realizado en Fases por Rango de Pendiente; este Mapa ha sido utilizado para desarrollar temas como Hidrología, Suelos, Capacidad de Uso Mayor, Cobertura y Uso Actual de la Tierra, Geología y Geomorfología.

**Figura N° 5**  
**Determinación De La Vulnerabilidad Físico Natural Actual En La Cuenca Del Río Piura**

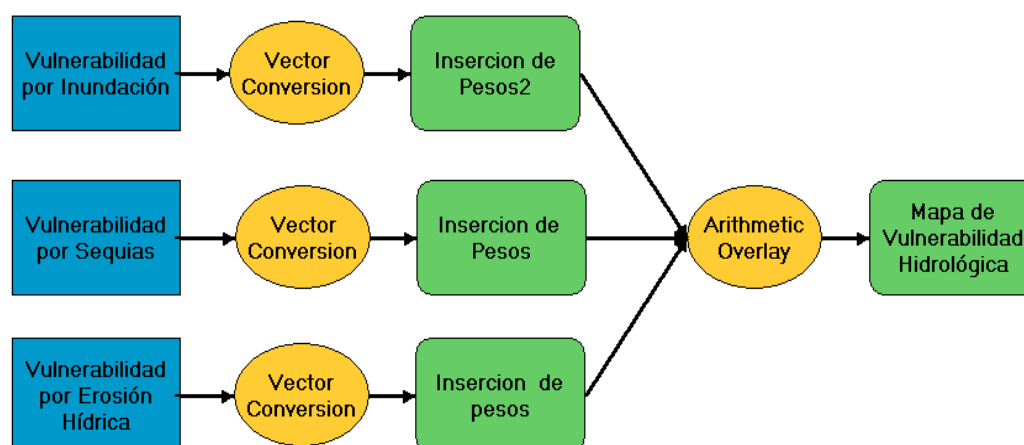


La integración del estudio se inició con Integraciones Parciales, tomando en cuenta los indicadores temáticos, dándole la ponderación que correspondía a cada uno de acuerdo a su importancia; es así como integrando aspectos inherentes a la Geología y Geomorfología se llega a un primer mapa integrado denominado Sensibilidad Geológica – Geomorfológica.

Otra integración parcial se realizó relacionando los temas de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras y el Uso Actual de la Tierra, obteniendo el Mapa de Conflictos de Uso, el cual permite evaluar el grado en el cual se viene dando un uso correcto o incorrecto a los suelos de acuerdo a su potencial de uso.



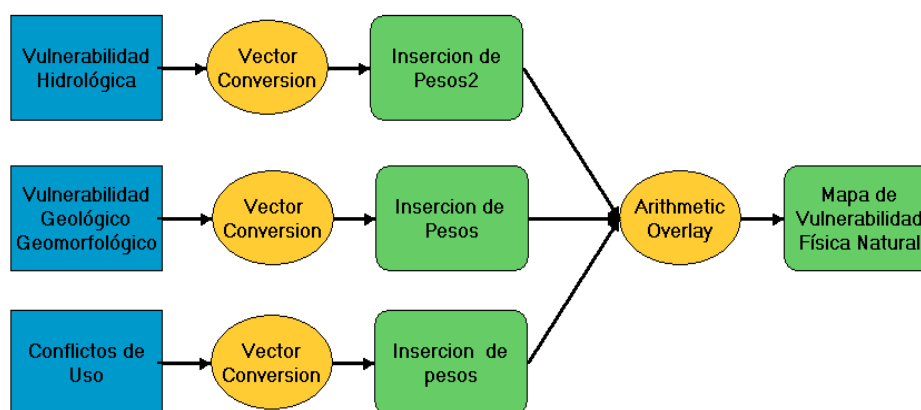
Un tercer grupo de temas integrados fue el relacionado con la hidrología, donde se toma en cuenta aspectos como Inundación, Sequía y erosión hídrica, es un mapa muy importante porque permite desde el punto de vista hidrológico, indicar las zonas con mayor probabilidad de ser afectada por el déficit o exceso de humedad, el cual en muchos casos se ha tornado en catástrofes para la Población que habita la Cuenca del Río Piura.



Finalmente integrando los mapas de Sensibilidad Hidrológica, Sensibilidad Geológica Geomorfológico y Sensibilidad por Conflictos de Uso, se llegó a determinar la Vulnerabilidad Física Natural de la Cuenca, la cual se ha definido en diferentes niveles de acuerdo a la magnitud en que los recursos son afectados.

El procesamiento describe la ruta seguida, mediante el uso de las coberturas y sub modelos utilizados para obtener el Modelo de Vulnerabilidad Física Natural de la Subcuenca del Río Piura. Para la obtención del mencionado modelo, se Recurrió a Software SIG como es el caso del ArcView, utilizando aplicaciones de la herramienta Geoprocesing.





Las Unidades de Vulnerabilidad Física Natural son confrontadas con la variabilidad climática actual (diagnóstico climático actual), para determinar la Vulnerabilidad Actual de la Cuenca del río Piura.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERÉS

Las Áreas de interés fueron seleccionadas mediante un proceso compartido entre las entidades coejecutoras de Proclim y la población de la Cuenca del Río Piura, mediante talleres cuya metodología para la toma de decisiones se basó en los siguientes criterios:

- a. Interés mayoritario de los productores para seleccionar un ámbito geográfico prioritario.
- b. Importancia del espacio físico, en función del aporte económico en el cual está involucrado.
- c. Espacio físico representativo, debido a las características comunes a otras subcuencas y donde se encuentren involucradas la mayoría de zonas de vida presentes en la cuenca.

En función de los criterios enumerados se tomó la decisión, en consenso de los participantes en el Taller, de asumir como Áreas de Interés para el estudio, de los siguientes 3 espacios físicos:

- a. Subcuenca Yapatera.
- b. Subcuenca San Francisco.
- c. Área Agrícola del Bajo Piura.

### 2.2.1 Área de Interés Subcuenca San Francisco.

Es una subcuenca representativa de la cuenca del Río Piura, debido a que involucra cinco zonas de vida, ubicada esencialmente en zona de Costa, involucra cinco zonas de vida que van desde del bosque seco, monte espinoso y matorral desértico; es una subcuenca agrícola y ganadera.

Este espacio físico dentro de la cuenca del Río Piura, tiene gran importancia debido a que en él se encuentra asentada gran parte de la actividad agrícola de agroexportación, nos referimos específicamente al Mango, el cual constituye el principal rubro dentro de la agricultura del área de estudio, el cual, moviliza una significativa cantidad de mano de obra, desde las labores iniciales de instalación del cultivo, hasta el procesamiento para su exportación.

Está ubicada en el extremo Norte de la cuenca del Río Piura. Involucra gran parte del Valle y Colonización de San Lorenzo, ubicada en los distritos de Las Lomas y Tambogrande. Se caracteriza, por ser la zona de mayor incidencia de agroexportación en productos como el mango y el limón. Esta zona es irrigada principalmente por el Reservoirio de San Lorenzo. Se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas 9 450 000N – 9 480 000 N y 573 000E – 605 000E.

Políticamente se encuentra ubicada de la siguiente forma:

AREA DE INTERES SAN FRANCISCO		
DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
LAS LOMAS	PIURA	PIURA
TAMBO GRANDE	PIURA	PIURA

## CAPITULO III

### III. DIAGNOSTICO FISICO NATURAL DE LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO

#### 3.1 CLIMA Y ZONAS DE VIDA

##### 3.1.1 Generalidades

Para el diagnóstico del clima y zonas de vida de las áreas de interés se ha considerado como base las zonas de vida del sistema de Leslie Holdridge de la cuenca del río Piura el cual presenta diferentes pisos altitudinales con condiciones propias que las diferencian una de otra; estos pisos altitudinales encierran a su vez diversas unidades ecológicas denominadas Unidades Bioclimáticas o Zonas de Vida. Y mediante el trabajo de campo específico se han efectuado modificaciones ó corroboraciones de detalle para cada una de las áreas de interés, según sea el caso.

Es importante mencionar que en cada una de las áreas de interés se determinara el coeficiente de variación de lluvias y temperatura. En el caso del coeficiente de lluvias se tomara como base las isolíneas de coeficiente de variabilidad de lluvias de la cuenca del río Piura y a su vez se incorporará otras líneas más específicas para cada una de las cuencas de interés. Mientras que en forma puntual, se redactará el coeficiente de variabilidad de temperatura ya que no se cuenta con mayor información y la distribución espacial de las estaciones que cuentan con dicho elemento meteorológico no permite el trazado de isolíneas del coeficiente de variación en mención.

De igual manera el plan de manejo específico de las áreas de interés debe ser elaborado por un conjunto de especialistas, por lo que los planteamientos preliminares se circunscriben al análisis de la presente disciplina los cuales estarán sujetos a consideración de las prioridades generales. Asimismo la propuesta de medidas para la presente disciplina está basada en la determinación de las áreas de sensibilidad por lluvias en la cuenca del río Piura, para lo cual se especificará el nivel del estudio.

##### 3.1.2 Zonas de Vida

Son cinco zonas de vida determinadas dentro de la cuenca del río San Francisco las cuales se observan en el Mapa N° 2 y son las siguientes:

###### 3.1.2.1 Matorral desértico – Tropical (md-T)

###### a. Ubicación y Extensión Superficial

Abarca la llanura costera, colinas, cerros bajos y laderas del pie de monte de la cordillera occidental de los andes. Se extiende casi en la cuenca media del río Piura desde los 70 msnm hasta aproximadamente los 100 msnm, abarcando una extensión superficial de 3 101,66 ha, que representa el 6,75% del área de interés San Francisco.

**Cuadro N° 1**

Coeficiente de variación de las temperaturas. Área de interés. Yapatera

**TEMPERATURA MEDIA**

ESTACION	LLUVIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio	Dif T° media	Coef Varcn Anual
Chulucanas (95 m.s.n.m.)	T°MEDIA MULTIANUAL	26.3	26.6	26.1	25.8	24.0	22.0	21.5	21.8	22.2	22.9	23.6	25.2	24.0	1.0	1.0
	T° MEDIA. FEN EXTRAORD. 83	26.5	26.9	27.0	26.4	26.5	25.9	24.1	22.8	21.8	22.9	24.1	25.1	25.0		
	DIF. EN °C	0.2	0.3	0.9	0.6	2.5	3.9	2.6	1.0	-0.4	0.0	0.5	-0.1			
	COEF VARIACIÓN MENSUAL	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		

**TEMPERATURA MAXIMA**

Chulucanas (95 m.s.n.m.)	TEMPERATURA MAXIMA MULTIANUAL	33.4	33.4	33.4	32.6	31.5	30.0	29.5	30.5	31.6	32.1	32.3	33.3	32.0	1.0	1.0
	TEMP MAX. FEN EXTRAORDINARIO 83	31.2	32.0	32.2	31.6	31.2	30.5	29.6	29.6	29.6	30.7	32.1	31.8	31.0		
	DIF. EN °C	-2.2	-1.4	-1.2	-1.0	-0.3	0.5	0.1	-0.9	-2.0	-1.4	-0.2	-1.5			
	COEF VARIACIÓN MENSUAL	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0		

**TEMPERATURA MINIMAS**

Chulucanas (95 m.s.n.m.)	TEMPERATURA MINIMA MULTIAN.	21.0	22.1	21.5	20.5	18.4	16.9	16.2	16.2	16.1	17.2	17.8	19.4	18.6	2.7	1.1
	TEMP MIN. FEN EXTRAORDINARIO 1983	23.8	24.0	23.8	24.0	24.3	23.1	20.4	18.3	17.1	18.6	18.4	20.0	21.3		
	DIF. EN °C	2.8	1.9	2.3	3.5	5.9	6.2	4.2	2.1	1.0	1.4	0.6	0.6			
	COEF VARIACIÓN MENSUAL	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0		

**b. Relieve y Condiciones Climáticas**

Se encuentra en la llanura costera ocupando mayormente terrenos ondulados y casi planos.

Considerando que no existe ninguna estación meteorológica se estima que la lluvia total multianual varía entre 125 a 180 mm concentrándose casi íntegramente durante los meses de lluvias veraniegas (enero a marzo), De acuerdo al diagrama bioclimático de Leslie Holdridge se estima que la temperatura media fluctúa aproximadamente entre los valores 24°C y 25°C. Mientras que la condición de humedad del suelo es: PERARIDO.

### c. Cobertura Vegetal

Las especies arbóreas se encuentran presentes en una menor proporción, entre las especies se destacan “algarrobo” (*Prosopis Pallida*), “Faique” (*Acacia sp.*) y de manera localizada “Hualtaco” (*Loxopterygium guasango*), también se encuentran arbustos como el “sapote” (*Capparis angulata*) entre otros. A su vez se presentan cactáceas de porte columnar grueso y prismático del género *Cereus*. Asimismo se puede observar una cobertura de gramíneas de corto período vegetativo que emerge durante la estación de verano.

### d. Uso Actual y Potencial de la Tierra y problemática existente

Esta zona de vida se encuentra ocupada por una cobertura vegetal natural, la misma que es aprovechada por el pastoreo; durante el período de los meses lluviosos de enero hasta abril inclusive. En las tierras con riego se cultiva panllevar y frutales tropicales. Potencialmente se puede desarrollar la actividad agropecuaria en forma permanente y económicamente rentable si se dota de agua de regadío.

Generalmente las tierras con riego se cultivan panllevar así como árboles frutales tropicales. Se ha observado que existen áreas sin mayor cobertura vegetal lo que incentiva la erosión de los suelos proveniente de las lluvias estacionales generando la disminución de las áreas agrícolas y por ende menor producción de cultivos de autoconsumo lo que tiene incidencia sobre la población local.

Por otro lado, el manejo del bosque ralo es una alternativa de producción forestal, aquí se encuentran los bosques ralos de algarrobo más importantes.

## 3.1.2.2 Matorral desértico – Premontano Tropical (md-PT)

### a. Ubicación y Extensión Superficial

Se ubica en la cuenca media del río Piura, cerca a las estribaciones occidentales de la cordillera occidental de los andes, entre altitudes de 100 msnm hasta aproximadamente altitudes superiores a los 350 msnm, con una extensión de 23243,37 ha lo que representa un porcentaje de 50,61% del área de interés de San Francisco.

### b. Relieve y Condiciones Climáticas

De igual manera el relieve topográfico varía entre ondulado y quebrado con algunas áreas de pendientes suaves.

En esta zona de vida se ubican las estaciones meteorológicas de Cruceta y Tejedores, cuyas lluvias totales multianuales son: 264,5 y 195,8 mm respectivamente, por lo que se estima que las lluvias totales multianuales varían entre 150 mm a 300 mm aproximadamente.

De acuerdo al Diagrama Bioclimático de Holdridge se estima que las temperaturas medias varían entre 23 ° C y 24 ° C aproximadamente. Asimismo en dicha zona de vida se presenta la estación de Cruceta y Tejedores cuyas temperaturas medias son superiores al rango. Pero estas no han sido consideradas en la zona de vida por no contar con un buen registro de periodo de información. La condición de humedad del suelo es: ARIDO.

### c. Cobertura Vegetal

En relación a la vegetación característica de esta zona se ha observado al “sapote” (*Capparis angulata*), “bichayo” (*Capparis ovalifolia*), las cactáceas también están presentes como el género *neoraimondia* de porte columnar prismático gigante, asimismo presenta una vegetación herbácea rala como son las gramíneas y de corto periodo vegetativo.

### d. Uso Actual y Potencial de la Tierra y problemática existente

La mayor parte de los terrenos de esta zona de vida son utilizadas para la agricultura siendo los cultivos predominantes el mango, limón, mango ciruelo, maíz, arroz y en menor escala el cacao. Asimismo se ha observado la presencia de gramíneas secas lo cual reafirma que durante las lluvias veraniegas existen pastos estacionales los cuales son aprovechados por el ganado caprino.

El aprovechamiento de dicha zona de vida es de extracción maderera especialmente del “algarrobo” (*Prosopis pallida*) el cual se utiliza como recurso energético, su madera es considerada la mejor para leña mientras que sus frutos son utilizados como alimento para el ganado.

## 3.1.2.3 Monte espinoso – Tropical (mte-T)

### a. Ubicación y Extensión Superficial

Dicha unidad de vida se ubica en la cuenca media del río Piura, entre sus más bajas altitudes de 180 metros hasta aproximadamente entre los 600 msnm. Abarca una extensión superficial de 10 606,47 ha; 23,09% de la cuenca de San Francisco.

### b. Relieve y Condiciones Climáticas

Se encuentra en la llanura costera ocupando mayormente terrenos ondulados así como colinosos, es decir, las laderas con pendientes moderadas y mayormente inclinadas de los cerros bajos. Áreas fuertemente inclinadas son típicas hacia las partes inferiores del flanco occidental.

De acuerdo al diagrama bioclimático de Holdridge se estima que la lluvia total multianual de esta zona de vida fluctúa entre los 300 y 400 mm. Asimismo, se estima que la temperatura media en esta zona de vida fluctúa entre los 24°C y 25°C. Siendo la condición de humedad: ARIDO.

### c. Cobertura Vegetal

La vegetación primaria es un bosque abierto de porte relativamente bajo, constituido casi proporcionalmente por árboles, arbustos y cactáceas presentándose la vegetación herbácea abundante solo durante la estación de lluvias veraniegas. En las áreas más húmedas de esta zona de vida se pueden distinguir “ceibo” (*Ceiba pentandra*), “pasallo” (*Eriotheca ruzii*), “palo santo” (*Bursera graveolens*), entre otras. Y en las áreas más secas de esta unidad se tiene al “algarrobo” (*Prosopis pallida*), “charán” (*Caesalpinia corimbosa*), entre otros.

### d. Uso Actual y Potencial de la Tierra y problemática existente

La actividad agrícola se lleva a cabo en terrenos cercanos a los ríos para aplicar riego permanente a los cultivos de plátano, arroz, yuca y maíz. Potencialmente dicha unidad presenta condiciones térmicas favorables donde es factible desarrollar cultivos tropicales siempre y cuando se cuente del recurso agua.

#### 3.1.2.4 Monte espinoso– Premontano Tropical (mte-PT)

##### a. Ubicación y Extensión Superficial

El monte espinoso – Premontano Tropical se ubica en la cuenca media del río Piura con una extensión de 5 7432,68 ha que representa el 12,50% de la cuenca del río San Francisco, se circunscribe mayormente hacia el lado de la vertiente occidental, entre altitudes de aproximadamente 600 a 900 msnm.

##### b. Relieve y Condiciones Climáticas

La configuración topográfica es predominantemente quebrada, alternada con escasas áreas relativamente suaves situadas a lo largo de los ríos o fondo de valles.

En esta formación ecológica no existen observatorios meteorológicos por lo que se estima que la lluvia total multianual del año medio varía entre 300 a 650 mm, dicha lluvia se distribuye durante los meses de enero a abril inclusive, favoreciendo el rebrote de toda la vegetación natural, principalmente de la vegetación herbácea graminal, que es aprovechada para el pastoreo y el ramoneo por el ganado vacuno y caprino. Asimismo, se estima que la temperatura media multianual oscila entre los 20 – 22°C.

De acuerdo al diagrama de Holdridge, tienen un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre 2 y 4 veces la lluvia, que las ubica consiguientemente en la provincia de humedad: SEMIARIDO.

##### c. Cobertura Vegetal

Predominan los bosques caducifolios, donde destacan el “pasallo” (*Eriotheca ruzii*), “guayacán” (*Tabebuia caryanthea*), así como vegetación arbustiva como la “borrachera” (*Ipomoea carnea*), el overo (*Cordia alliodora*). Estas

últimas germinan por la presencia de las lluvias veraniegas, así como pequeñas inclusiones de cactáceas.

**d. Uso Actual y Potencial de la Tierra y problemática existente**

En los terrenos con vegetación herbácea y arbustiva estacional, se lleva a cabo un pastoreo de ganado caprino, habiendo generado en muchos de los casos una fuerte degradación de la vegetación así como un proceso erosional del suelo lo que por ende origina a procesos geomorfológicos externos, especialmente durante la época de lluvias y aún más este se agudiza por la presencia del Fenómeno El Niño.

**3.1.2.5 Bosque seco– Premontano Tropical (bs-PT)**

**a. Ubicación y Extensión Superficial**

Esta formación ecológica se encuentra en laderas de la vertiente occidental de la cordillera de los andes, ocupa una extensión de 2 983,42 lo cual ocupa una extensión de 6,50% de la cuenca del río San Francisco. Se encuentra a una altitud superior a los 900 msnm hasta la divisoria de aguas.

**b. Relieve y Condiciones Climáticas**

La configuración topográfica es predominantemente inclinada, ya que se ubica sobre las laderas que enmarcan gran parte de los valles interandinos, siendo pocas las áreas de topografía suave.

Al no contar con información meteorológica se estima las lluvias totales multianuales las cuales fluctúan entre 650 a 800 mm. Así mismo se estima que la temperatura media anual varía aproximadamente entre 16°C y temperaturas medias inferiores a los 20°C.

Según el diagrama bioclimático de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 1 y 2 veces la lluvia y, por lo tanto, se ubica en la provincia de humedad: SUBHUMEDO.

**d. Cobertura Vegetal**

La vegetación natural esta constituida por un bosque pluvifolios tipo sabanas, entre los árboles se tiene “tara” (*Caesalpinia tinctoria*), el cual esta acompañado con las bromeliaceas “achupallas” (*Puya* sp), en las zonas inferiores de esta zona de vida se observó la presencia de “cabuya” (*Fourcroya* sp), “maguey” (*agave* sp) entre las más representativas.

**e. Uso Actual y Potencial de la Tierra y problemática existente**

Generalmente se cultivan productos de panllevar los cuales están supeditados a la época de lluvias. La actividad agrícola en esta zona de vida es menor en comparación con la actividad pecuaria, Dicha formación ecológica es utilizada para el pastoreo de ganado vacuno y caprino. El pastoreo caprino es llevado a cabo en laderas de fuerte pendiente y con una excesiva carga animal, por lo que ha degradado la vegetación natural así como del recurso suelo.



### 3.1.3 Sensibilidad por Lluvias en la Subcuenca

Considerando las isolíneas de coeficiente de variación por lluvias que se trabajaron a escala regional (cuenca del río Piura) y tomando en cuenta el cuadro N° 2, se ploteo y trazó las isolíneas de coeficiente de variación para el área de interés de San Francisco.

#### **Cuadro N° 2**

Áreas sensibles por lluvias. Área de interés: San Francisco

SENSIBILIDAD	AREAS SENSIBLES POR LLUVIAS
	Coeficiente de Variación (FEN83/Año Medio)
Ligero (Media)	2 a 5
Moderado Bajo (Alta)	>5 a 10
Moderado Alto (Alta)	>10 a 15
Moderado Muy Alto (Alta)	>15 a 20

Mediante el trazado de estas isolíneas se determinó áreas más específicas sensibles por lluvias extraordinarias, estas se plasman en el Mapa N° 3, "Áreas sensibles por lluvias – Área de Interés: San Francisco".

#### 3.1.3.1 Sensibilidad Ligero

##### a. Ubicación y Extensión Superficial

En el Mapa N° 3, se observa que existen áreas cuya condición de sensibilidad es ligero, abarcando una extensión superficial de 1 924,99 ha, lo que representa el 4,19% del área en estudio

##### b. Características generales

Dichas áreas se encuentran en las zonas más altas de la cuenca, esta limitada por la isolínea de 5 cerca a la demarcación del área de interés. Estas zonas se caracterizan por poseer bosques caducifolios semidensos de montaña, los cuales están intervenidos por actividad agrícola. Las localidades rurales que se encuentran en esta zona son el Huabal y Guayabo. Entre los cultivos predominantes se encuentra el maíz.

##### c. Plan de Manejo de la zona de Sensibilidad Alto (Bajo Piura)

Las medidas correctivas ante la presencia de lluvias extraordinarias son:

- Instalación de estaciones meteorológicas de tipo climatológica ordinaria u observatorios automatizados, considerando que esta cuenca no posee mayor información de elementos meteorológicos.
- Reforzamiento y/o amplitud de algunas infraestructuras de riego etc.

- Construcción de canales de escorrentía a fin de dirigir las lluvias excedentes hacia lugares donde no existan actividades del hombre o zonas eriazas.
- Determinar las zonas más altas propicias para la instalación de caminos de accesos o pases desde las localidades hacia los cultivos agrícolas u otra actividad.
- Fomentar la instalación de cultivos que deben estar acorde con el potencial de las tierras y oferta de agua.

### 3.1.3.2 Sensibilidad Moderado Bajo

#### a. Ubicación y Extensión Superficial

En el Mapa N° 3 “Áreas sensibles por lluvias – Área de Interés: San Francisco”, se observa que existen áreas cuya condición es de muy sensible, abarcando una extensión superficial de 6 438,29 ha, lo que representa el 14,02% del área en estudio

#### b. Características generales

Estas zonas muy sensibles están limitadas entre las isólinas >5 a 10 que pasa aproximadamente entre los 600 a 900 msnm, presentándose bosques caducifolios semidensos de montaña, pero que son intervenidos generando con ello procesos geomorfológicos externos que a su vez son inducidos por las lluvias extraordinarias del Fenómeno El Niño.

El cultivo predominante es el maíz, que muchas veces es cultivado en terrenos con altas pendientes que generan procesos erosivos. Teniendo en cuenta que durante el FEN las lluvias extraordinarias superan entre 5 a 10 veces a las lluvias multianuales del año medio.

#### c. Plan de Manejo de la zona Moderado Bajo (San Francisco)

Las medidas correctivas ante la presencia de lluvias extraordinarias son similares a la anterior área, pero se incluye:

- Instalar comités de emergencia locales a fin de estructurar las acciones inmediatas ante los efectos de las lluvias extremas.
- Realizar el monitoreo del área muy sensible en colaboración con el Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN).
- Cada Gobierno local debe formular planes de contingencia ante evento naturales extremos.

### 3.1.3.3 Sensibilidad Moderado Alto

#### a. Ubicación y Extensión Superficial

En el mapa anteriormente mencionado, el área considerado como moderado alto abarca una extensión superficial de 33 172,58 ha, lo que representa el 72,22% del área en estudio

## b. Características generales

Dicha zona esta limitada entre las isolíneas de 10 a 15. En dichas superficies durante las lluvias del Fenómeno El Niño 83 superan a las lluvias totales multianuales del año medio en más de 10 a 15 veces.

Siendo esta zona la de mayor superficie, se observa la presencia del río San Francisco, en la margen derecha del río San Francisco se concentra la mayor actividad agrícola conocido como cultivo de llanura, mientras que en la margen izquierda en altitudes más bajas se presenta los bosques mixtos ralo de lomadas/ colinas en la cual se presenta el faique y el algarrobo y en las zonas más altas se denota bosques caducifolios ralos. En este último, los procesos geomorfológicos externos son de diferentes tipos.

La cuenca de San Francisco se considera como una zona rural, las localidades más representativas son Santa Rosa de Yaranche, San Francisco de Yaranche, San Isidro, entre otros. Los cultivos predominantes para el presente año son: maíz, mango, limón sutil, papayo, fréjol de palo. Teniendo en cuenta que este es un año seco se denoto la presencia de almácigos de arroz así como también cultivos de arroz a pesar que existe deficiencia de agua. Asimismo se observó extracción de leña de algarrobo el cual es utilizado como recurso energético.

## c. Plan de Manejo de la zona Moderado Alto (San Francisco)

Las medidas correctivas a proponer ante la presencia de lluvias extraordinarias son:

- Establecer e implementar obras y prácticas de conservación de suelos de acuerdo a la realidad física del río San Francisco
- Obras de protección en las quebradas por el excedente de lluvias
- Obras de limpieza y mantenimiento.
- Fomentar la instalación de cultivos en zonas áridas que deben estar acorde con la oferta de agua y realidad física ante la variabilidad climática.
- Fomentar programas de revegetación con especies nativas a fin de evitar la degradación de los suelos por lluvias extraordinarias.

### 3.1.3.4 Sensibilidad Moderado Muy Alto

#### a. Ubicación y Extensión Superficial

En el mapa anteriormente mencionado, el área considerado como moderado muy alto abarca una extensión superficial de 4 141,68 ha, lo que representa el 9,02% del área en estudio.

#### b. Características generales

Dicha zona esta limitada entre la isolínea superior a 15. En dichas superficies durante las lluvias del Fenómeno El Niño 83 superan en 10 a 15 veces a las lluvias totales multianuales del año medio.

La cuenca de San Francisco se considera como una zona rural, las localidades más representativas son Curban, Malingas, Las Monicas, entre otras. Esta zona se encuentra entre los 50 a 100 metros de altitud, siendo los cultivos predominantes el mango, limón, maíz, papayo, fréjol de palo y en menor escala cacao.

Durante el trabajo de campo los lugareños mencionaron que durante el Fenómeno El Niño el río San Francisco se carga de fuerte volumen de agua que en muchos de los casos empuja al río Piura, aparentemente ello se presente por la pendiente que posee el río San Francisco.

Asimismo apoyándonos en las imágenes de satélite se observa que el río San Francisco ha cambiado constantemente de cauce denotándose que toda esta zona es inundable, por lo que los lugareños han aprovechado esta condición natural cultivando inadecuadamente en estas zonas.

### **c. Plan de Manejo de la zona Moderado Muy Alto (San Francisco)**

Las medidas correctivas a proponer ante la presencia de lluvias extraordinarias son:

- Obras de protección en las quebradas por el excedente de lluvias
- Obras de limpieza y mantenimiento.
- Fomentar la instalación de cultivos en zonas áridas que deben estar acorde con la oferta de agua y realidad física ante la variabilidad climática.
- Construcción de canales de escorrentía a fin de dirigir las lluvias excedentes hacia zonas eriazas.
- Determinar las zonas más propicias para la instalación de caminos de accesos o pases desde las localidades hacia los cultivos agrícolas u otra actividad.
- Los gobiernos locales y regionales deben impulsar un Sistema de Alerta Temprana ante eventos naturales extremos como es el caso del FEN.

## **3.2 HIDROLOGIA**

### **3.2.1 Generalidades**

El estudio tiene por objetivo determinar el comportamiento hidrológico de la cuenca del río San Francisco relacionado con la erosión hídrica de los suelos, la ocurrencia de fenómenos extremos como sequías e inundaciones y evaluar la vulnerabilidad hidrológica de la cuenca.

La elaboración del estudio se ha realizado en tres etapas una de gabinete en la cual se ha revisado la información existente, otra etapa de campo que ha permitido validar la información seleccionada en gabinete y la tercera etapa ha consistido en la elaboración del informe.

El clima de la cuenca del río San Francisco según Koppen y Petterson es sub-tropical o semi-tropical.

El río San Francisco nace a 600 msnm

La cuenca del río San Francisco cuenta con 01 estación de aforo la cual no se encuentra operativa

La disponibilidad de agua del río San Francisco está dada por sus descargas naturales.

El régimen hidrológico es irregular y torrencioso, principalmente en la época de avenidas. Los afluentes más importantes se localizan en la naciente de este río.

Las descargas máximas del río San Francisco se presentan entre los meses de Enero y Marzo.

En años muy secos las descargas del río San Francisco y el de sus afluentes en los meses de estiaje son muy reducidas, cantidad que no alcanza a cubrir las demandas.

En la cuenca se han identificado los siguientes usos de agua: Agrícola, poblacional y pecuario.

Las muestras de agua analizadas corresponden a aguas corrosivas si son conducidas a través de tuberías de fierro.

En la cuenca del río San Francisco se han identificado cuatro zonas de vulnerabilidad hidrológica, las que se indican a continuación:

- Zona N° 01 Libre de inundación – Sequía Alta – Erosión Hídrica Media
- Zona N° 02 Zona libre de inundación alta – sequía alta – erosión hídrica baja
- Zona N° 03 Zona Libre de inundación – sequía media – erosión hídrica baja
- Zona N° 04 Zona de inundación Alta – sequía media – erosión hídrica baja

Los planes de manejo de las zonas Hidrológicamente vulnerables deben ser de tipo preventivo y de control.

### 3.2.2 Antecedentes

La ocupación del territorio en el área de influencia del proyecto, así como las actividades antrópicas desarrolladas dentro del mismo no son coherentes con las características geomorfológicas e hidrometeorológicas, factores que ponen en riesgo a los centros poblados y a la infraestructura física productiva.

Dentro de los aspectos hidrometeorológicos más saltantes se tiene la erosión hídrica de los suelos, la ocurrencia con determinada frecuencia de fenómenos extremos como las sequías e inundaciones. Eventos que afectan en forma significativa a la población asentada dentro de la cuenca

Para prevenir y/o atenuar los efectos negativos de la ocurrencia de estos eventos, se hace necesario conocer las características de las variables hidrológicas que desencadenan estos eventos.

### 3.2.3 Objetivos

Proporcionar información de los recursos hídricos de la cuenca del río San Francisco tanto espacial como temporal que permitan determinar su potencial y la magnitud de los eventos extremos como sequías e inundaciones que afectan a las actividades antrópicas

El objetivo específico es la Evaluación de la vulnerabilidad física, social y económica de la cuenca.

### **3.2.4 Información Existente**

#### **a. Climatología**

Para la descripción climática se ha utilizado la información proporcionada por entidades como SENAMHI, Dirección Ejecutiva del Proyecto Chira – Piura, Autoridad Autónoma de Cuenca. La información hidrometeorológica analizada corresponde a 20 estaciones hidrométricas y 37 estaciones meteorológicas: pluviométricas, climáticas ordinarias y 01 Meteorológica Agrícola Ordinaria, cuyas características se muestra en el cuadro N° 3.

#### **b. Hidrografía**

Se ha recurrido a información de la carta Nacional 1:100 000, imágenes de satélite Landsat, estudios hidrológicos realizados por diferentes entidades públicas y privadas.

#### **c. Cartografía**

Se ha utilizado como información cartográfica, cartas elaboradas por el IGN, imágenes de satélite Landsat, mapas proporcionados por entidades públicas y privadas, etc.

### **3.2.5 Estudios Anteriores**

- Mejoramiento y Regulación del Riego del Alto Piura, Tahal, Consulting Engineers LTD.
- Evaluación de daños agrícolas producidos por los desbordes e inundaciones del río Piura en el valle del Bajo Piura – Abril, 2002; Autoridad Autónoma de Cuenca Hidrográfica Chira – Piura.
- Determinación de la erosión de suelos en la parte media y alta de la sub-cuenca del río la Gallega. Proyecto “Recuperación y Prevención ante Catástrofes Naturales”, gtz.
- Defensa Ribereña río Piura Sector Ñacara – Chulucanas, Alto Piura, Ministerio de Agricultura- Dirección Regional de Agraria- Piura- INRENA.

**Cuadro N ° 3**

Ubicación de las estaciones meteorológicas del área de estudio y cuencas vecinas.

Nº	ESTACIÓN	TIPO	CUENCA	UBIC. GEOGRÁFICA		UBICACIÓN POLÍTICA			PERIODO DE REGISTRO AÑOS
				COORDENADAS UTM		DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	
				ESTE	NORTE				
EM-1	Chusis	CO	Piura	519876	9389600	Piura	Sechura	Sechura	1964-1999
EM-2	Laguna Ramón	PLU	Piura	544364	9392477	Piura	Sechura	Sechura	1963-1990
EM-3	La Esperanza	CO	Chira	493286	9456418	Piura	Paíta	Colan	1960-2001
EM-4	Montegrande	MAO	Piura	533180	9408848	Piura	Piura	La Arena	1976-1992
EM-5	San Miguel	CO	Piura	533260	9420799	Piura	Piura	Catacaos	1953-2001
EM-6	Miraflores	CO	Piura	542762	9428893	Piura	Piura	Castilla	1971-2003
EM-7	Bernal	PLU	Piura	528523	9396260	Piura	Sechura	Bernal	1993-2000
EM-8	Mallares	PLU	Piura	529784	9463137	Piura	Sullana	Marcavelica	1971-2003
EM-9	Corpac Piura	CO	Piura	542483	9425209	Piura	Piura	Castilla	1943-2003
EM-10	Chilaco	CO	Piura	554900	9480963	Piura	Sullana	Sullana	1960-2003
EM-11	Chulucanas	CO	Piura	592473	9435850	Piura	Morropón	Chulucanas	1942-1991
EM-12	San Joaquín	PLU	Piura	571953	9432106	Piura	Piura	Castilla	1973-1987
EM-13	Morropón	CO	Piura	612526	9427305	Piura	Morropón	Morropón	1952-2003
EM-14	Bigote	PLU	Piura	634823	9410356	Piura	Morropón	Saítal	1970-1980
EM-15	Virrey	PLU	Olmos	612463	9388360	Lambayeque	Lambayeque	Olmos	1963-1987
EM-16	Tejedores	CO	Piura	582933	9474917	Piura	Piura	Las Lomas	1961-1980
EM-17	San Pedro	PLU	Piura	607155	9438038	Piura	Morropón	Chulucanas	1973-1992
EM-18	Las Lomas	PLU	Piura	583189	9485544	Piura	Piura	Las Lomas	1963-1987
EM-19	Barrios	PLU	Piura	644123	9415705	Piura	Morropón	Saítal	1970-1992
EM-20	Chignia	PLU	Piura	643984	9380843	Piura	Huancab.	Huamaca	1964-1992
EM-21	Paltashaco	PLU	Piura	625723	9434323	Piura	Morropón	Sta. Catalina de Moz	1970-1991
EM-22	Huancabamba	PLU	Huancabamba	716132	9419358	Piura	Huancab.	Huancabamba	1972-1996
EM-23	Canchaque	PLU	Piura	654665	9406223	Piura	Huancab.	Canchaq.	1963-2003
EM-24	Sapillica	PLU	Piura	612730	9472071	Piura	Ayabaca	Sapillica	1970-1989
EM-25	Santo Domingo	PLU	Piura	624179	9443807	Piura	Morropón	Sto. Domingo	1963-1992
EM-26	Pirga	PLU	Piura	653196	9373455	Piura	Huancab.	Huamaca	1972-1982
EM-27	Frías	PLU	Piura	615925	9455902	Piura	Ayabaca	Frías	1963-2003
EM-28	Pacaipampa	PLU	Piura	647211	9448195	Piura	Ayabaca	Pacaipampa	1963-1992
EM-29	Huamaca	CO	Piura	663601	9384209	Piura	Huancab.	Huamaca	1963-1993
EM-30	Chalaco	PLU	Piura	629360	9443706	Piura	Morropón	Chalaco	1963-2003
EM-31	Pasapampa	PLU	Piura	655212	9434262	Piura	Huancab.	Huancabamba	1963-1992
EM-32	Palo Blanco	PLU	Quiroz	650524	9441646	Piura	Ayabaca	Ayabaca	1972-1992
EM-33	Arrendamientos	PLU	Chipillico	621982	9465654	Piura	Ayabaca	Sapillica	1972-1992
EM-34	Arenales	CO	Chira	627388	9455910	Piura	Ayabaca	Frías	1973-1990
EM-35	Altamiza	PLU	Piura	640485	9439792	Piura	Morropón	Chalaco	1972-1992
EM-36	Huar - Huar	PLU	Piura	670007	9437949	Piura	Huancab.	Huamaca	1966-1991
EM-37	Talaneo	PLU	Piura	659828	9442731	Piura	Ayabaca	Pacaipampa	1963-1992

### 3.2.6 Métodos

El estudio hidrológico ha sido realizado en tres etapas: La primera de gabinete, la segunda de Campo y la tercera de elaboración del Informe final.

### 3.2.7 Etapa de Gabinete

En esta etapa se ha recopilado la información existente tanto en entidades públicas como privadas, relacionadas con la planificación, uso y manejo de los Recursos Hídricos, así como, con las implicancias ambientales, sociales y económicas, producidas por la ocurrencia de eventos extraordinarios como las sequías e inundaciones, las cuales ocurren con determinada frecuencia dentro de la cuenca del río Piura.

### 3.2.8 Etapa de Campo

En la etapa de campo se han visitado las áreas de interés dentro de las que se han efectuado aforos de comprobación, toma de muestras de agua para su análisis posterior lo cual ha permitido contrastar la información obtenida en la primera etapa con las características de estas áreas.

### 3.2.9 Elaboración del Informe

Con la información obtenida en las etapas de gabinete y de campo se ha procedido a la elaboración del informe hidrológico.

### 3.2.10 Análisis Hidrológico

#### a. Generalidades

El clima de la cuenca del río San Francisco según Koppen y Petterson es sub-tropical o semi-tropical, respectivamente.

El río San Francisco nace a 600 msnm, en el cerro Quebrada Grande.

El río San Francisco cuenta con una estación de aforo, actualmente paralizada.

La disponibilidad de agua del río San Francisco está dada por sus descargas naturales y por aguas de cola y filtraciones producidas por el riego del área agrícola de la irrigación San Lorenzo.

El régimen hidrológico es irregular y torrentoso, principalmente en la época de avenidas. Los afluentes más importantes se localizan en su cuenca alta.

Las descargas máximas del río San Francisco se presentan entre los meses de Enero y Marzo, en años normales son absorbidas por la red de drenaje, en años muy húmedos, en la cuenca media y baja las descargas del río San Francisco alcanzan magnitudes elevadas que sobrepasan la capacidad de conducción de su curso principal, inundando sus márgenes.

En años muy secos las descargas del río San Francisco y el de sus afluentes en los meses de estiaje son muy reducidas cantidad que no alcanza a cubrir las demandas de agua de las áreas agrícolas localizadas en la cuenca baja.

En la cuenca se ha identificado los siguientes usos de agua: Agrícola, poblacional y pecuario.

La calidad del agua de este río, en el embalse de San Lorenzo corresponden a aguas corrosivas si son conducidas a través de tuberías de fierro, los niveles de mercurio, cadmio, plomo, arsénico y cromo de acuerdo a los resultados del análisis en el laboratorio, están por debajo de los límites para sustancias potencialmente peligrosas establecidas en la Ley General de Aguas – DL 17752, para las clases de agua identificadas.



### 3.2.11 Climatología

Climáticamente la cuenca del río San Francisco, según Koppen corresponde al de una zona sub – tropical o, semi – tropical costero según Pettersen, caracterizada por presentar una moderada pluviosidad y altas temperaturas, con pequeñas variaciones, en años normales.

En la cuenca Baja y Media, el clima es cálido y seco. Está influenciada por la zona de convergencia intertropical, la cordillera de los Andes, los vientos del anticiclón del pacífico sur, corriente del niño y por la corriente peruana.

Los mencionados factores hacen que la precipitación en la cuenca alta sea elevada entre enero y marzo y escasa el resto del año, excepto cuando la circulación circunglobal desencadena fenómenos extraordinarios como el fenómeno de el niño, caracterizados por su elevada intensidad y duración y que ocurren con cierta frecuencia, como los ocurridos entre 1982 y 1983 ó de 1997 a 1998.

#### a. Precipitación

Para el análisis de la precipitación normal en la cuenca del río San Francisco se utilizó la información de toda la cuenca del río Piura y cuencas vecinas habiéndose seleccionado 37 estaciones meteorológicas, 25 de tipo pluviométricas, 11 de tipo climáticas ordinarias y 01 de tipo Meteorológica Agrícola Ordinaria. El mayor número de estaciones presenta un corto período de observaciones, en general estas, presentan interrupciones de sus registros y un número pequeño cuenta con información de un largo período; para homogenizar la información de estas estaciones se ha seleccionado aquella que se encuentra comprendida en el período común de observaciones de 1970 y 1990. Para mayor información ver el cuadro N° 1.

##### ■ Régimen de la precipitación

El régimen de la precipitación es irregular durante el año, como ocurre en las cuencas adyacentes localizadas dentro de la cuenca del río Piura. La precipitación total anual promedio en años normales varía de 107 mm/año a 573 mm/año, en las zonas de escurrimiento matorral desértico – Premontano Tropical y bosque seco – Premontano Tropical, respectivamente; información obtenida del mapa de escurrimiento de aguas superficiales elaborado para la cuenca del río Piura

#### b. Temperatura

La temperatura media anual en las cuencas baja y media tiene valores similares de 24° C, luego decrece en la cuenca alta con registros hasta de 13°C.

Los valores máximos puntuales se presentan entre las 13 y 15 horas, alcanzando 38°C en las zonas bajas (Febrero o Marzo) y de 27°C en las zonas altas.

Los mínimos se producen en los meses de Junio a Agosto, alcanzando 15°C en la Costa, bajando hasta 0° C en los meses de Junio- Setiembre en la parte alta.

### c. Evaporación

Los valores de evaporación son medidos en tanques evaporímetros Clase "A". Debido a la incidencia directa de la radiación solar por ubicación geográfica, en las zonas bajas de la cuenca alcanza aproximadamente 2 500 mm/ año, en la zona media varía de 2 350 a 2 500 mm/año y en la zona alta se registra una variación promedio anual de 1 100 a 1 350 mm/año.

Cabe mencionar que los mayores valores de evaporación, se presentan en el período Diciembre -Abril en la Costa y en el período de Julio – Octubre en la sierra.

### d. Humedad Relativa

En la parte baja de los valles la humedad relativa tiene un comportamiento similar al régimen térmico, con tendencia a mantener valores mensuales comprendidos entre 67% y 73%. Este rango es superado en los meses con lluvias en años del Fenómeno El Niño intenso, con valores que llegan hasta 91%.

La parte media de la cuenca presenta características similares a la parte baja, no así en la parte alta cuyos valores de humedad relativa fluctúan entre 70% y 95%. En esta zona los valores más bajos se dan en los meses de Julio y Agosto.

## 3.2.12 Morfometría de la Cuenca

### a. Zonificación

Las tierras localizadas en la margen derecha del río San Francisco y parte de aquellas localizadas en su margen izquierda presentan un relieve plano, el resto de la cuenca presenta un relieve que varía gradualmente de una baja pendiente hasta hacerse empinada. La baja pendiente del terreno en el mayor porcentaje de la cuenca de este río son factores que favorecen las inundaciones en la época de avenidas y principalmente en años muy húmedos como los producidos por el fenómeno del niño.

#### ■ Principales Sub – cuencas

En el cuadro N° 4 y Mapa N° 4, se tienen las subcuencas de los ríos existentes dentro de la cuenca del río San Francisco, siendo las más importantes, las siguientes:

Por la margen derecha P-051602, P-051604 y P-051606. Por su margen izquierda los ríos: P – 051601, P – 051603, P – 051605, P – 051607 y P-051609.

El río San Francisco nace en las inmediaciones del Cerro Quebrada Honda, tomando el nombre inicial de Quebrada Honda y desemboca en el Río Piura cerca de la localidad de Curvan.

**b. Hidrografía**

El Río San Francisco nace a 600 msnm en el cerro Quebrada Honda, desplazándose en dirección circular hasta su confluencia con la quebrada Añalque en las inmediaciones del poblado de Nuevo Santa Rosa, a partir de donde toma el nombre de río San Francisco, para continuar en dirección predominante Noroeste a Sureste hasta la localidad de Guaragudos Alto, continuando en dirección predominante Noreste a Suroeste hasta su desembocadura en el río Piura.

El curso principal del río San Francisco presenta una baja pendiente entre su nacimiento y su desembocadura.

d. = desembocadura de un río de mayor orden

r = río

p = Vertiente del Pacífico

c = Confluencia

**Cuadro N° 4**  
Inventario de los ríos de la cuenca del río Piura (s. Francisco)

Río	Código*	Progresiva Km	Altitud msnm	Extensión Km <sup>2</sup>	Lugar
<b>MARGEN DERECHA</b>					
1. Piura	P-05	0			
2. Qda San Francisco	P - 0516	202,6			
3. Qda. Socarrón	P - 051602	204,62	Aprox. 71		Desembocadura Qda. San Francisco
		232,9	Aprox. 160	68,378	Cerca al poblado San Francisco
Qda. Moqueguano/Ratón Muerto	P - 051604	234,45	Aprox. 150		Cerca al poblado San Francisco de Yaranche
		248,45	Aprox. 192	48,2	Sector 0.5
Qda. Añalque	P - 051606	243,59	250		Hda. Tejedores
		249,03	300	9,117	Cerca al C° Pan de Azúcar
<b>FIN DE RIO</b>		<b>253,14</b>			
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>					
Qda. Carrizo	P-051601	215,25	Aprox. 90		Cerca a Cp.8
		236,45	1100	79,806	Cerca de la Hda. Zapallal
Qda. Salitral	P-05160101	224,67	Aprox. 100		Desemboca en la Qda. Carrizo
		231,96	350	11,428	Cerca de la Hda. Malingas
Qda. Cesteadero	P-05160102	223,43	Aprox. 95		Desemboca en la Qda. Carrizo
		233,61	800	11,627	Cerca al C° Almendro
	P-0516010202	225,58	Aprox. 125		Desemboca en la Qda. Cesteadero
		229,46	415	3,925	
	P-0516010204	228,83	150		Desemboca en la Qda. Cesteadero
		232,17	Aprox. 460	3,536	
	P-0516010206	229,62	Aprox. 170		Desemboca en la Qda. Cesteadero
		232,91	Aprox. 560	5,268	Cerca al C° Sánchez
Qda. Miraflores	P-051603	225,71	Aprox. 125		Desemboca en la Qda. San Francisco
		246,45	Aprox. 1360	71,161	
Qda. Carrizalillo	P-051605	228,51	Aprox. 150		Desemboca en la Qda. San Francisco
		248,93	1225	52,893	Cerca a la Hda. Timbes Huabal
Qda. Papayo	P-05160501	232,08	Aprox. 150		Desemboca el la Qda. Carrizalillo
		239,55	560	8,245	Cerca al C° Balcones
	P-05160502	234,61	Aprox. 175		Desemboca en la Qda. Carrizalillo
		238,19	340	4,732	
	P-051607	233,53	Aprox. 150		Desemboca en la Qda. San Francisco
		237,85	300	3,496	Cerca al C° La Perla
	P-051609	237,32	Aprox. 150		Cerca al poblado Tejedores
		241,25	360	3,277	

### 3.2.13 Hidrometría

#### Aguas superficiales

##### a) Sistema de Control, Operación y Registro de Datos

Para el estudio hidrológico no se contó con los registros históricos de las descargas del río San Francisco

##### (1) Estación de Aforo

Se tiene información que la estación hidrométrica San Francisco funcionó entre los años 1954 y 1982, actualmente se encuentra paralizada.

Análisis de la Información Disponible

Las disponibilidades de agua del río San Francisco están dadas por las descargas naturales, generadas por las precipitaciones y por filtraciones.

El régimen hidrológico es irregular y torrencioso, con elevada variabilidad de sus descargas instantáneas, diarias y mensuales, principalmente en la época de avenidas, durante la cual se producen descargas muy elevadas y de corta duración, como el de los ríos adyacentes. Sin embargo, en eventos extraordinarios como los producidos por el fenómeno del niño las descargas elevadas se mantienen durante un periodo prolongado.

#### (2) Comportamiento Estacional del río San Francisco

Las descargas del río San Francisco en años normales se producen como consecuencia directa de las precipitaciones producidas en la cuenca alta

La baja pendiente del río San Francisco favorece las inundaciones de las tierras localizadas en ambas de sus márgenes. En años muy húmedos, este río inunda en su casi totalidad las tierras localizadas en su margen derecha y parte de aquellas localizadas en su margen izquierda.

#### (3) Comportamiento del río San Francisco en años extraordinarios (Fenómeno del Niño)

### **Descargas Máximas del río San Francisco**

La elevada variabilidad y magnitud de las descargas del río San Francisco especialmente en la época de avenidas pone en riesgo de ser inundadas a las áreas agrícolas y a los poblados localizados en las proximidades de este río, siendo necesario por lo tanto, evaluar la magnitud de las mismas a fin de proponer las medidas necesarias para su control.

Para conocer las descargas mensuales para años muy húmedos como los producidos por el fenómeno del niño. A partir de la precipitación mensual registrada durante la ocurrencia del fenómeno del niño del año 1982 – 83 se han determinados las descargas mensuales máximas.

La elevada escorrentía entre enero y abril, en años normales, produce inundaciones de pequeña magnitud, sin embargo, en años muy húmedos las inundaciones afectan superficies significativas del área agrícola causando grandes pérdidas económicas. En el Mapa N° 4, se muestran las áreas con elevada, moderada y baja probabilidad de ser afectadas por inundaciones.

#### **b) Sedimentación**

La estación no cuenta con información de sedimentos sin embargo, en sus márgenes de observa cantidades apreciables que son acarreadas en la época de avenidas.

#### (4) Descargas Mínimas del Río

En la cuenca del río San Francisco se presentan años muy secos que afectan considerablemente a las áreas agrícolas y la población dedicada a esta

actividad. Sin embargo, durante estos años, este río cerca de su desembocadura conduce caudales del orden de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , provenientes de las filtraciones y aguas de cola producidos por el riego de las tierras de la irrigación San Lorenzo.

#### ■ **Sequías**

La disminución extrema de las descargas del río San Francisco durante periodos prolongados afecta tanto a la flora como a la fauna doméstica y silvestre.

En las áreas de secano de la cuenca alta la sequía se manifiesta por la escasa precipitación durante el año o años consecutivos secos y por el elevado número de áreas agrícolas que quedan sin sembrar en estos años.

En el mapa N° 4, se muestran las áreas de la cuenca con Media y Alta afectación por sequías.

(5) Generación de Descargas Medias Anuales en Puntos de Interés

### **Zonificación del Ecurrimiento Superficial**

#### ■ **Generación de Descargas Medias Anuales en Puntos de Interés**

Para la obtención de información hidrológica a nivel medio anual en puntos de interés de la cuenca húmeda del río San Francisco, en este acápite, se ha recurrido al modelo hidrológico de precipitación – escorrentía propuesta por la ex – ONERN, en el Inventario de las aguas superficiales del Perú, elaborado en 1980.

El método se basa en las denominadas zonas de vida ideadas por Holdridge. Estas zonas son áreas homogéneas en las que el suelo, el clima, la vegetación y fauna se interrelacionan. Desde el punto de vista hídrico a estas se denominan zonas de escurrimiento.

Para determinar el rendimiento hídrico de las zonas de escurrimiento se ha utilizado el modelo hidrológico siguiente:

$$E = PP * K$$

Donde:

E = Escorrentía Superficial, expresada en mm

PP = Precipitación Total media anual, expresada en mm

K = Coeficiente de escorrentía.

La precipitación total media anual de cada zona de escurrimiento corresponde al promedio del rango de precipitaciones que admite cada una de estas, obtenida a partir de la distribución espacial y temporal de la precipitación mostrada en los cuadros N° 5 y N° 4 , y representada por la gradiente de precipitación mostrada en el Gráfico N° 1 – A.

El coeficiente de escorrentía ha sido calibrado con información de la descarga media anual de la estación Puente Ñacara, para el período de registro 1970 – 1990, habiéndose eliminado de este período la descarga media anual del año 1982/83 correspondiente a la ocurrencia del Fenómeno de El Niño. Para mayor información, en el cuadro N° 6 se presenta la escorrentía media anual expresada en mm y en el mapa N° 1, el mapa de zonas de escurrimiento; a partir del cual es posible determinar el caudal de agua que se produce en cualquier punto de interés localizado en la cuenca húmeda del río Piura.

Para obtener las descargas de los ríos en puntos de interés debe procederse de la siguiente manera:

1. Ubicar el punto de interés seleccionado en le mapa de zonas de escurrimiento.
2. Delimitar el área de cuenca correspondiente a este punto de interés
3. Delimitar esta área
4. Multiplicar el área encontrada por la lámina de escurrimiento, indicada en el mapa de escurrimiento.
5. La descarga total correspondiente a la sumatoria de las descargas parciales correspondientes a cada zona de escurrimiento existente dentro del área de la cuenca correspondiente al punto de interés.

**Cuadro N° 5**

Distribución altitudinal de la precipitación total anual cuenca del río Piura- periodo 1970-1990\*

N°	ESTACIÓN	ALTITUD m.sn.m.	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL PROMEDIO (mm)*
1	Chusis	10	3
2	La Esperanza	12	28
3	Bernal	16	26
4	Laguna Ramón	20	13
5	San Miguel	25	36
6	Monte grande	27	36
7	Miraflores	30	63
8	Mallares	45	91
9	Corpac Piura	49	52
10	Chilaco	90	189
11	Chulucanas	95	243
12	Morropón	140	276
13	Bigote	200	325
14	Tejedores	200	196
15	Virrey	229	166
16	San Joaquín	230	111
17	Las Lomas	250	183
18	Barrios	310	491
19	San Pedro	330	35
20	Chignia	555	274
21	Paltashaco	900	183
22	Pirga	1230	731
23	Canchaque	1250	804
24	Sapillica	1446	588
25	Santo Domingo	1475	847
26	Frías	1550	1135
27	Huancabamba	1952	468
28	Pacaipampa	2000	929
29	Huarmaca	2180	926
30	Chalaco	2200	876
31	Pasapampa	2410	884
32	Altamiza	2575	770
33	Palo Blanco	2800	746
34	Arrendamientos	3075	464
35	Arenales	3080	584
36	Huar - Huar	3150	1236
37	Talaneo	3430	642

\*No se incluye la precipitación Total Anual del 1983 (fenómeno El Niño)



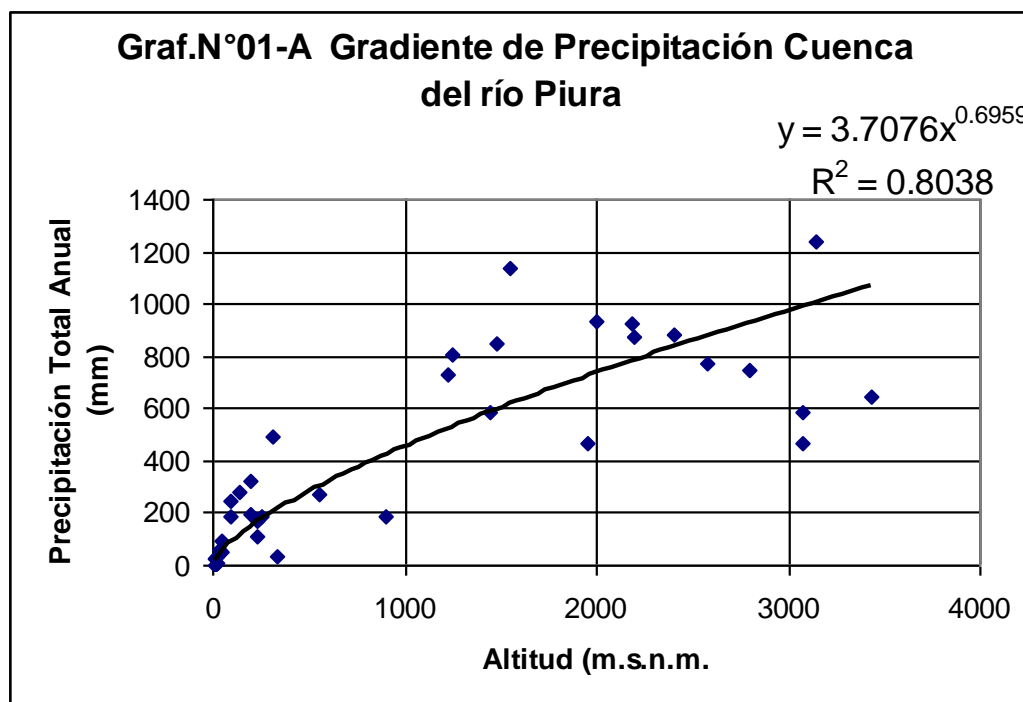
**Cuadro Nº 6**

Zonas de escurrimiento superficial en la cuenca del Piura.

ZONA DE ESCURRIMIENTO	SIMBOLO	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (mm)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (K)	ESCORRENTIA TOTAL ANUAL (mm)
desierto perarido Premontano Tropical	dp-PT			Sin escurrimiento
matorral desertico Tropical	md-T	84	0,23	19
matorral desertico Premontano Tropical (transicional a md-T)	md-PT	107	0,24	26
matorral desertico Premontano Tropical	md-PT	135	0,24	33
monte espinoso Tropical	mte-T	196	0,24	47
monte espinoso Premontano Tropical	mte-PT	388	0,24	94
bosque seco Premontano Tropical	bs-PT	573	0,23	131
bosque seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT	709	0,23	161
bosque humedo Montano Tropical	bh-MT	900	0,30	271
bosque humedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	1014	0,30	306
bosque muy humedo Montano Tropical	bmh-MT	1041	0,46	474

**Graf. Nº 1-a**

Gradiente de Precipitación Cuenca del río Piura.



Como resultado del inventario de las aguas superficiales se ha determinado que la zona de escurrimiento bosque seco – Premontano Tropical es la que presenta la escorrentía más alta, ascendente a 131 mm y el matorral desértico - Tropical con 19 mm presenta la menor escorrentía superficial total anual. Para mayor información ver el cuadro N° 6 y el mapa hidrológico N° 1.

#### (6). Erosión Hídrica

En el Mapa N° 4 se muestra las áreas afectadas por alta, media y baja erosión hídrica obtenida en base a los resultados del análisis de la escorrentía superficial total anual para el período de análisis 1965 – 1983.

### **Aguas subterráneas**

Se estima que la cuenca del río San Francisco presenta una elevada reserva de aguas subterráneas ya que el acuífero es alimentado en forma sostenida por el riego de las áreas agrícolas a través de la irrigación San Lorenzo; sin embargo, en años muy secos el racionamiento de las aguas del reservorio San Lorenzo afecta a los cultivos ya que estos son regados con frecuencias cada vez mas distanciadas de acuerdo a la duración de las sequías.

#### **3.2.14 Uso Actual del Agua**

Los principales usos que se le da a las aguas del río San Francisco son agrícola y doméstico en el segundo caso el agua es extraída de pozos localizados junto a las viviendas de los agricultores o en los centros poblados.

#### **3.2.15 Uso Agrícola**

Las aguas del río San Francisco son utilizados en mayor proporción en la actividad agrícola y provienen del embalse de San Lorenzo el cual cuenta con un volumen de 250 millones de metros cúbicos, para atender a 2569 usuarios, 2880 predios y 4341,13 ha bajo riego, de un total de 5183,32 ha como se muestra en el cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7**

Usuarios, número de predios, superficie y régimen de uso de agua

	SECTOR DE RIEGO	SUB-SECTOR DE RIEGO	COMISION DEREGANTES	N° DE USUARIOS	N° DE PREDIOS	SUPERFICIE		REGIMEN
						(ha)		DE USO DEL AGUA
						Total	Bajo Riego	Licencia
JUNTA DE USUARIOS  SAN  LORENZO	QUIROZ – PAIMAS	RIO QUIROZ	QUIROZ-PAIMAS	769	873	1,518.14	1,269.58	1 269.58
		CANAL QUIROZ	QUIROZ-PAIMAS	432	512	727.93	718.49	718.49
		RIO CALVAS	QUIROZ-PAIMAS	100	101	291.35	287.87	287.87
	CHIPILLICO ALTO	RIO CHIPILLICO	CHIPILLICO ALTO	295	310	788.66	506.89	506.89
		CANAL HUACHUMA	CHIPILLICO ALTO	383	422	832.51	622.07	622.07
		QDA. TOTORAL	CHIPILLICO ALTO	590	662	1024.73	648.74	648.74
		TOTAL		2569	2880	5183.32	4341.13	4341.13

**3.2.16 Calidad de las Aguas Superficiales****a. Generalidades**

Las aguas residuales provenientes de las diversas actividades antrópicas desarrolladas en la cuenca del río Piura, generalmente se vierten directamente a los cursos de agua sin previo tratamiento, causando la contaminación de sus aguas.

Actualmente la minería en la cuenca alta está paralizada sin embargo, en estudios anteriores se determinó que esta actividad contaminaba las aguas del río Piura en la naciente del río Canchaque donde se localiza el asiento minero de Turmalina.

Las aguas servidas crudas en las áreas rurales son dispuestas en silos o directamente en canales de regadío contaminando las aguas subterráneas y los cursos de agua superficiales, los cuales, aguas abajo de estos vertimientos, constituyen fuentes de agua para diferentes usos.

La mayoría de centros poblados que cuentan con sistemas de agua y desagüe vierten las aguas servidas directamente a los cursos de agua, sin previo tratamiento.

La industria utiliza el agua en las diferentes actividades de su proceso productivo y finalmente esta agua es vertida al alcantarillado o directamente a los cursos de agua.

En la agricultura el agua es utilizada para restituir aquella que pierde el cultivo por evapotranspiración; sin embargo, al ingresar a los cultivos, a través

de las acequias, disuelve residuos de agroquímicos utilizados en la agricultura y los traslada hacia las aguas subterráneas o aguas superficiales, contaminándolo.

Para el control de la calidad del agua del río San Francisco se ha tomado se ha tomado la muestra M – 4 proveniente del embalse San Lorenzo cuyo resultado se muestra el cuadro N° 8.

## **b. Análisis de Resultados de Junio de 2004**

### **Análisis Físico – Químico**

Para determinar la calidad de las aguas del embalse San Lorenzo principal fuente de agua de la cuenca del río San Francisco se cuenta con los resultados del análisis de agua en el laboratorio mostrado en el cuadro N° 8 con el código M – 4, cuyos resultados se comentan a continuación

#### ■ **Alcalinidad**

En todas las muestras de agua presentan elevada alcalinidad la cual le confiere corrosividad y podría afectar a las tuberías de hierro si estas son utilizadas para la conducción de esta agua.

#### ■ **Cloruros**

La presencia de cloruro en la muestra M-4 proveniente del embalse San Lorenzo , principal fuente de agua para el riego del área agrícola de la cuenca del río San Francisco registra una baja concentración de cloro indicando que contiene cantidades pequeñas de materia orgánica; esta agua no son corrosivas.

**Cuadro N° 8**

Resultado del análisis químico y de metales pesados de las aguas superficiales en punto de interés de la cuenca del río Piura

Parámetro	Unidad	Estuario de San Pedro M-1	Canal Chira Piura M - 2	Río Piura Tambo Grande M-3	Embalse San Lorenzo M - 4	Bocatoma R. Yapatera M - 5	Río Piura Puente Carrasquillo M - 6
<b>Aniones</b>							
Carbonatos	mg/Lt	24	<1	6	9	3	2
Bicarbonato	mg/Lt	218	126	223	85	72	184
Nitrato	mg/Lt	0,7	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2
Sulfatos	mg/Lt	1289	56	303	25	9	41
Cloruros	mg/Lt	8576	61	516	13	7	37
<b>Cationes</b>							
Sodio Disuelto	mg/Lt	2295	45,9	311	18,75	13,35	36,1
Potasio	mg/Lt	146	1,96	2,12	1,55	1,22	1,29
Calcio disuelto	mg/Lt	251	30,5	159	23,5	12,8	31,9
MagnesioDis	mg/Lt	550	11,5	31,75	6,4	3,7	14,6
Boro	mg/Lt	2,4	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Alcalinidad	mg/Lt	237	109	202	89	69	149
Fosfato	mg/Lt	0,3	0,2	<0.1	<0.1	0,1	0,2
Sulfuros	mg/Lt	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Fluoruros	mg/Lt	0	0,15	0,29	0,14		
fenol	mg/Lt	0,004	0,003	0,004	0,002	0,004	<0.002
<b>Metales</b>							
Mercurio To	mg/Lt	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio To	mg/Lt	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Plomo To	mg/Lt	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Arsenico To	mg/Lt	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cromo +6	mg/Lt	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

- **Cloruros**

Estos están presentes en las muestras en bajas concentraciones, las cuales no afectan su consumo como bebida.

- **Sulfuros**

Este parámetro admite los usos II, III, V y VI establecidos en la Ley General de Aguas DL 17752, sin embargo, no se ha determinado si admite la clase I, ya que el equipo utilizado no detecta concentraciones menores de 0,002 mg/lit.

- **Sulfatos**

El agua del embalse de San Lorenzo no presenta peligro por sulfatos ya que la concentración de estas sustancias se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Ley General de Aguas DL 17752.

- **Nitrato**

De acuerdo al artículo N° 82 de la Ley General de Aguas – DL17752, el nivel de nitrato en todas las muestras de agua exceden los límites establecidos como potencialmente peligrosos.

- **Fenoles**

La muestra de agua M – 4, solo admite los usos establecidos en la clase VI de la Ley General de Aguas – DL 17752.

### **Metales Pesados**

- **Mercurio**

La Muestra de agua M – 4 registra niveles de mercurio inferiores a los recomendados en la Ley General de Aguas – DL – 17752 para los usos I, II y III. Sin embargo, la precisión de los equipos utilizados en el laboratorio no brinda información para las clases V y VI

- **Cadmio**

La muestra M-4, está por debajo de los límites establecidos en la Ley General de Aguas – DL 17752; sin embargo, la precisión de los equipos de laboratorio no detecta los usos establecidos para las clases V y VI

- **Plomo**

El nivel de plomo en la muestra M – 1 admite los usos establecidos en las Clases I, II, III y VI de la Ley General de Aguas – DL 17752; sin embargo, la precisión del equipo de laboratorio no detecta los usos de la clase V.

- **Arsénico**

La muestra de agua M-1 presenta niveles de arsénico por debajo de los niveles establecidos para este metal en la Ley General de Aguas – DL 17752.

- **Cromo**

La muestra de agua M-1 registra niveles de cromo por debajo de los límites máximos establecidos por la Ley General de Aguas, para las sustancias potencialmente peligrosas

### **Calidad de las Aguas con Fines de Riego**

- **Salinidad Potencial**

Las muestras de agua: M-1 revelan que son excelentes para el riego en la mayoría de las condiciones de suelos.

- **Carbonato de Sodio Residual**

La muestra de agua M-1 de acuerdo a su contenido de carbonato residual es adecuada para el riego.

Según el Manual N° 60 de suelos Salinos Sódicos, de los Estados Unidos de América, las muestras de agua analizadas indican que estas aguas no presentan peligro de acumulación de sodio en los suelos, por el riego.

### 3.2.17 Administración del Riego

La cuenca del río San Francisco pertenece al Distrito de Riego San Lorenzo contando con dos sectores de riego: Quirozo- Paimas y Chipillico Alto; para mayor información ver el cuadro N° 5.

La junta de regantes es la organización que tiene mayor poder y representatividad, debido que los agricultores consideran que es el agua el factor más importante para la agricultura.

Institucionalmente, preside la mesa interinstitucional del de la irrigación San Lorenzo para la gestión de riego y es integrante de la Autoridad Autónoma de la cuenca Chira – Piura.

#### (1) Delegados de Agua

Los delegados de agua perciben un pago por su labor de distribución del agua y controlar el cumplimiento de los turnos.

#### (2) Tarifas

El estado ha establecido tarifas para cada tipo de uso de agua (Ley General de Aguas DL- 17752) las que son fijadas por unidad de volumen.

#### ■ Tarifas de Uso de Agua Agrícola

La tarifa para uso de agua superficial con fines agrarios tiene tres componentes: Ingreso para la Junta de Usuarios, Canon de Agua y Amortización (Decreto Supremo N° 003 -90-AG).

En cuanto a la tarifa de agua de riego del Alto Piura, el valor es menor con respecto a los anteriores debido a que no cuenta con la infraestructura de riego y no hay abastecimiento de agua permanente para este sector, el valor de la tarifa actual de acuerdo a la Resolución Administrativa N° 268 – 2002 –CTAR-DRA – ATDRAP- H es de S/. 0,0001/m<sup>3</sup>.

### 3.2.18 Unidades de Vulnerabilidad Hidrología

Hidrologicamente se han identificado los siguientes tipos de vulnerabilidad

- a. Vulnerabilidad por la erosión hídrica
- b. Vulnerabilidad por inundación
- c. Vulnerabilidad por sequías

### 3.2.19 Determinación de los Indicadores de Vulnerabilidad

#### Criterios para la Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad

Los criterios utilizados están relacionados con su temporalidad, magnitud, intensidad, persistencia y espacio donde ocurren

#### a. Vulnerabilidad por la erosión hídrica de los suelos

Los suelos al ser erosionados van degradándose manifestándose por la disminución de su capacidad de soporte de cobertura vegetal tanto natural como cultivada y transformación rápida de la precipitación en escorrentía superficial.

#### b. Vulnerabilidad por inundaciones

En años muy húmedos las descargas de las avenidas, en áreas de baja pendiente originan el ingreso de agua desde los cauces hacia sus márgenes inundando las áreas de bajas pendientes, afectando de este modo a la población y a las actividades productivas que se desarrollan en estos lugares.

#### c. Vulnerabilidad por sequías

La escasa o nula precipitación dentro de la cuenca genera sequías que afectan a la cobertura vegetal por la falta de abastecimiento de agua para el mantenimiento o crecimiento de la vegetación natural y/o cultivada, afectando a los ecosistemas y a los pobladores de la cuenca.

#### Indicadores de Vulnerabilidad

#### a. Vulnerabilidad por erosión hídrica de los suelos

Hidrológicamente la erosión hídrica se origina por la escorrentía superficial y por la pendiente del suelo. Para la cuenca del río San Francisco se han identificado los siguientes indicadores de vulnerabilidad por erosión hídrica:

Escorrentía (mm) /año

Media            94 - 131

Baja              19 - 47

Pendiente predominante (%)

Media            C - D

Baja              A



**b. Vulnerabilidad por inundaciones**

Hidrológicamente las inundaciones se producen por el rápido incremento del caudal de los ríos y por suaves pendiente de las zonas inundables. En la cuenca del río Piura se han identificado los siguientes grados de inundación.

Alta  $\leq 3500 \text{ m}^3/\text{s}$  y baja pendiente (A)

Moderada  $\leq 1637 \text{ m}^3/\text{s}$  y baja pendiente (A)

Libre de Inundaciones y pendiente de moderada a alta (B – F)

**c. Vulnerabilidad por sequías**

Hidrológicamente se producen por la disminución o ausencia de humedad del suelo, condición que dificulta el mantenimiento de la cobertura vegetal natural y/o cultivada. Los indicadores de sequía son los caudales mínimos y la posibilidad de utilización de las aguas provenientes de embalses o de los acuíferos. En la cuenca del río San Francisco se han identificado dos zonas vulnerables a las sequías:

Alta  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  y pendientes entre B - F

Moderada  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  y pendientes: A, B y extracción de aguas subterráneas de buena calidad para el riego.

**3.2.20 Grados de Vulnerabilidad a la Erosión Hídrica**

En la cuenca del río San Francisco se han identificado  $82.06 \text{ Km}^2$  con mediano riesgo a la erosión hídrica y  $377.24 \text{ Km}^2$  con bajo riesgo a la erosión hídrica

**a. Grados de Vulnerabilidad a las Inundaciones**

En la cuenca del río San Francisco se han identificado  $8,57 \text{ Km}^2$  de tierras con alto riesgo de ser inundadas y  $450,74 \text{ Km}^2$  libre de inundaciones.

**b. Grados de Vulnerabilidad a las Sequías**

En la cuenca del río San Francisco se han identificado  $174,92 \text{ km}^2$  con alto riesgo de ser afectado por sequías y  $284,39 \text{ Km}^2$  con moderado riesgo de ser afectado por sequías.

**c. Vulnerabilidad Hidrológica**

Como resultado del análisis de la vulnerabilidad originada por los recursos hídricos se han determinado cinco zonas de vulnerabilidad hidrológica, las que se muestran en el mapa N° 5 y cuyas superficies se indican a continuación:

Zona N° 01 Zona libre de inundaciones – sequía alta - erosión hídrica media, registra una superficie de  $82,06 \text{ km}^2$

Zona N° 02 Zona libre de inundaciones – sequía alta - erosión hídrica baja, abarca una superficie de 202,32

Zona N° 03 Zona libre de inundación – sequía media – erosión hídrica baja 166,35 km<sup>2</sup>

Zona N° 04 Zona de inundación Alta – sequía media – erosión hídrica baja, presenta una superficie de 8,56 km<sup>2</sup>

### 3.2.21 Plan de Manejo

#### a. Aspectos Metodológicos para la elaboración del Plan de Manejo

Las medidas que deben aplicarse para reducir la vulnerabilidad hidrológica de la cuenca del río San Francisco se clasifican en preventivas y de control

Para localizar con suficiente precisión en el tiempo y en el espacio el o los lugares con peligro de ser afectadas por erosión hídrica, sequías e inundaciones debe implementarse los equipos meteorológicos e hidrológicos convenientes en la red telemétrica indicada en el cuadro N° 9 y el Mapa N° 5 a fin de proporcionar la información hidrometeorológica requerida en forma rápida y efectiva para prestar la ayuda necesaria actuando en forma oportuna para minimizar los efectos adversos de estos eventos.

##### ■ Plan de Manejo de la Zona N° 01

Zona caracterizada por estar libre de inundaciones; sin embargo, presenta un alto riesgo a la sequía y mediano riesgo a la erosión hídrica siendo estos los principales problemas, en el primer caso las medidas más efectivas son las preventivas relacionadas con la creación de un fondo intangible a ser utilizado cuando ocurran las sequías y para el caso de la erosión hídrica se deben seleccionar áreas piloto para la investigación del proceso erosivo y de las medidas de control de las mismas y realizar programas de extensión para sensibilizar a la población sobre los problemas y las soluciones más apropiadas obtenidas en los centros pilotos.

Así mismo, se debe forestar y reforestar en estas áreas siguiendo el criterio del manejo adecuado de las cuencas hidrográficas en convenios con PRONA, PRONAMACH, etc.

El manejo de las zonas 2 y 3 será similar al propuesto para la zona N° 1

##### ■ Plan de manejo de la Zona N° 04

Esta zona se caracteriza por presentar una alta vulnerabilidad a las inundaciones y mediana vulnerabilidad a las sequías y en años normales presenta una baja erosión hídrica.

En esta zona las inundaciones producidas por el desborde del río San Francisco y Piura afectan a las tierras ubicadas en ambas de sus márgenes.

Las tierras de la cuenca baja, cercanas a la desembocadura del río San Francisco presentan una baja pendiente igual que el río del mismo nombre. En años muy húmedos, como los producidos por el fenómeno el niño, de alta intensidad y duración, las aguas de este río se desbordan y al mismo tiempo impiden el drenaje de las aguas superficiales desde sus márgenes, estos factores permiten que el **tierrante** de agua sobre estas áreas se eleve, afectando a las actividades humanas, principalmente a las agrícolas, así como, a las viviendas de los agricultores y a las vías de comunicación.

Para disminuir los impactos negativos producidos por las inundaciones debe encauzarse el río San Francisco, entre su desembocadura y la progresiva Km. 11 + 500 aguas arriba de ésta, mejorar los cauces de drenaje superficial existentes en las márgenes del mismo río y realizar trabajos de mantenimiento permanente para que el río mantenga su capacidad de conducción y así prevenir que se desborde cuando se presentan avenidas extraordinarias.

En el límite de la faja marginal determinada por la autoridad competente respectiva debe hacerse plantaciones de árboles que refuercen a las obras de encauzamiento.

Las obras propuestas para esta cuenca deben realizarse en las cuencas vecinas para prevenir que el desborde de los ríos respectivos afecte a la cuenca baja del río San Francisco

En años muy húmedos el río Piura inunda parte de la cuenca baja del río San Francisco en un tramo de 01 Km. aguas arriba y 01 Km. aguas debajo de su desembocadura debiendo por tanto encauzarse y protegerse con diques de tierras y enrocado, protegidos en el límite con la faja marginal por plantaciones de árboles de amplia superficie radicular.

Para el control de la sequía debe procederse de acuerdo a lo propuesto para la Zona N° 01

**Cuadro Nº 9**

## Estructura red de telemetría del sistema de alerta temprano

Código	Estación	Ubicación		Energía	Equipo Transm.	Equipo medición	Operador	Lugar
		Coordenadas UTM						
		NORTE	ESTE					
RT-1	Puente Grau	9.422.300	539.115	red pública	-	limnómetro	-	-
RT-2	Puente	9.425.119	539.109	red pública	-	limnómetro	-	-
RT-3	Piura	9.427.007	538.559	red pública	fax modem	pluviógrafo	-	PECHP
RT-4	Curumuy	9.443.341	540.737	red pública	radio	pluviógrafo	-	hidroeléctrica
RT-5	Somate	9.474.412	553.425	panel solar	radio	pluviógrafo	-	MINSA
RT-6	El Carmen	9.448.175	565.820	panel solar	radio	pluviógrafo	-	caserío
RT-7	Cruceta	9.465.028	581.228	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-8	Tambogrande	9.454.798	572.651	red pública	fax modem	pluviógrafo	-	MINSA
RT-9	Tambogrande	9.454.309	572.659	red pública	radio	limnómetro	-	-
RT-10	Santa Rosa	9.431.949	571.909	panel solar	radio	pluviógrafo	-	caserío
RT-11	Carrizo	9.458.440	596.209	panel solar	radio	pluviógrafo	-	caserío
RT-12	Repetidora	9.462.700	616.800	panel solar	radio	-	-	Cerro Cachiris
RT-13	Frias	9.454.464	617.181	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-14	Chulucanas	9.435.838	591.874	panel solar	radio	pluviómetro	SENAMHI	SENAMHI
RT-15	Puente Ñacara	9.434.788	591.676	panel solar	radio	limnómetro	PECHP	PECHP
RT-16	Chalaco	9.442.388	633.579	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-17	Paltashaco	9.435.647	623.400	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-18	Morropón	9.426.677	613.806	panel solar	fax modem	pluviógrafo	-	MINSA
RT-19	Hispón	9.412.865	596.444	panel solar	radio	pluviógrafo	-	ganadería
RT-20	Yamango	9.426.960	638.415	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-21	San Pedro	9.436.511	607.174	panel solar	radio	pluviómetro	SENAMHI	SENAMHI
RT-22	El Virrey	9.388.292	612.810	panel solar	radio	pluviómetro	SEN/MIN	SENAMHI
RT-23	Central Piura	9.426.700	538.550	red pública	fax modem	-	PECHP	PECHP
RT-24	Bigote	9.412.073	634.444	panel solar	radio	pluviómetro	SENAMHI	SENAMHI
RT-25	Malacasi	9.409.407	626.817	panel solar	radio	pluviómetro	SENAMHI	SENAMHI
RT-26	Los Ranchos	9.422.283	650.212	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-27	Serran	9.399.610	635.108	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-28	Canchaque	9.405.652	654.798	panel solar	radio	pluviómetro	MINSA	MINSA
RT-29	Hualcas	9.390.454	643.397	panel solar	radio	pluviógrafo	MINSA	MINSA
RT-30	Huarmaca	9.384.036	663.080	panel solar	radio	pluviómetro	SENAMHI	SENAMHI
					radio			

**3.3 GEOLOGIA****3.3.1 Generalidades**

Geológicamente la micro cuenca del río San Francisco caracteriza por la predominancia de secuencias volcánicas del mesozoico en la parte alta con diferentes niveles de resistencia, una faja longitudinal de sur a norte en la parte central compuesto por rocas intrusitas de naturaleza granítica y granodiorítica y un amplio abanico aluvial reciente compuestos por sedimentos inconsolidados de diferente naturales que cubren la parte baja.

Los rasgos estructurales siguen un alineamiento general de la cordillera de los andes, mientras que los procesos geodinámicos se orientan hacia el colector principal que finalmente desembocan sobre la margen derecha del río Piura, con gran acumulación de sedimentos.

### 3.3.2 Estratigrafía

La composición litológica en la microcuenca se encuentra bien diferenciada: En las nacientes sobresalen grandes afloramientos de rocas volcánicas con rasgos fisiográficos bien accidentados con vertientes montañosas empinadas y valles encañonados, donde los procesos geodinámicos se traducen en considerables aportes de sedimentos hacia el colector principal. En la parte central los afloramientos intrusivos muestran rasgos fisiográficos menos accidentados, mientras que en la planicie aluvial, sobresalen depósitos cuaternarios de origen fluvio-aluvial, con características de buena estabilidad, donde se desarrolla la mayor actividad agrícola. Las unidades identificadas son ver mapa N° 6:

#### a. Volcánico Ereo (Km.-ve)

Se localiza mayormente en la parte central y norte de la microcuenca, conformando afloramientos aislados de considerable dimensión. Litológicamente está conformada por bancos de lavas andesíticas, porfiríticas basálticas o brechas piroclásticas con escasas intercalaciones de materiales tobáceos y brechas intraformacionales intercaladas con lavas félsicas, ácidas o intermedias (de composición riolítica o traquítica), frecuentemente contienen sulfuros diseminados. Se le ha encontrado suprayaciendo al Grupo San Pedro e infrayaciendo al Volcánico La Bocana.

#### b. Volcánico La Bocana (a.m.-vb)

Aflora en la parte oriental ocupando las partes montañosas de la microcuenca. Litológicamente está constituido por aglomerados de composición andesítica-dacítica de estructura vacuolar que se intercala con delgadas capas de limolitas, areniscas calcáreas impuras claras y **grauwacas**, mas arriba consisten de lavas y tobas ignimbritas ácidas estratificadas en bancos, intercalados con delgadas capas de sedimentos como calizas, margas y brechas andesíticas o aglomerados con cemento microbrechoide, que se intercalan con calizas tobáceas, a veces carbonosas y fosilíferas.

En gran parte de los afloramientos, las calizas se hallan metamorfizadas a Skarn por intrusión batolítica. Su contacto inferior con el Volcánico Ereo es por una discordancia deposicional y el superior con el Volcánico Lancones mediante una discordancia erosional.

#### c. Volcánico Lancones (Km.-vl)

Aflora mayormente en la parte oriental de la microcuenca, como una gran acumulación volcánico-sedimentaria. Litológicamente esta compuesta por brechas piroclásticas andesíticas, masivas, con litoclastos que ha sufrido una marcada alteración en su composición mineralógica por intemperismo, por lo que presentan un aspecto tobáceo. También consisten en andesitas piroclásticas, gris verdosas a gris violáceas en una matriz microbrechosa cementada con calcita, intercaladas con capas sedimentarias más frágiles como margas, calizas areniscosas, limolitas y grauwacas de matriz gris rojiza a gris violácea. Se le encuentra suprayaciendo concordantemente a la formación Volcánico La Bocana e infrayaciendo igualmente la formación Huasimal.

**d. Formación Yapatera (Ti-y)**

Aflora hacia el extremo oriental de la microcuenca. Litológicamente esta compuesta por una secuencia de conglomerados diagenizados intercalados con areniscas tobáceas, se presenta en bancos densos, con guijarros de cuarcitas que por la oxidación del terreno donde aflora los sedimentos tienen una coloración rojiza a violácea. Su contacto inferior con el Volcánico Lancones es mediante una discordancia angular y su tope está descubierto.

**e. Formación Tambo Grande (Ts-tg)**

Se localiza en el sector occidental de la microcuenca y esta constituido por bancos gruesos de areniscas semiconsolidadas, blanco-grisáceas, intercalados con niveles lenticulares de cenizas dacíticas, blancas, de areniscas tobáceas, lodolitas grises y microconglomerados. Se estima un grosor de 50 m. y yace en discordancia angular sobre los volcánicos cretáceos y su tope está cubierto por depósitos aluviales.

**f. Depósito fluvio/aluvial (Qr-fl/al)**

Se hallan acumulados en la parte baja de la microcuenca, cerca de la desembocadura, conformando depósitos de arenas y material fino arrastrados por diferentes episodios fluviales, que posteriormente fueron modificados por el uso intensivo de la actividad agrícola.

**g. Depósito aluvial reciente (Qr-al)**

Ocupa la mayor parte de la planicie en la parte baja de la microcuenca, cubriendo casi en su totalidad el área de mayor actividad agrícola. Litológicamente está constituido por material conglomerádico inconsolidado, con cantos rodados de diversa naturaleza provenientes de la Cordillera Occidental.

**h. Depósitos fluviales (Qr-fl)**

Se hallan acumulados en el fondo del cauce y a lo largo del río San Francisco. Están constituidos por conglomerados inconsolidados, arenas sueltas y material limo arcilloso. Tienen su mayor amplitud en las partes bajas del valle, cuyos depósitos más importantes se encuentran constituyendo las terrazas ubicadas en ambos márgenes del río, donde se desarrolla la mayor actividad agrícola.

**■ Rocas ígneas**

En la parte central y baja de la microcuenca del río San Francisco, afloran cuerpos intrusivos mesozoicos comprendidos entre granitos, dioritas, tonalitas y granodioritas.

En los alrededores entre malingas y las salinas, afloran cuerpos intrusivos que varía entre granitos y diorita a diorita cuarcífera, de textura granular alotromórfica de grano medio y de color gris verdoso. Hacia la parte baja y cerca de la desembocadura, sobresalen aislados

afloramientos de granitos de grano grueso con buena resistencia a la erosión.

Hacia las partes altas de la microcuenca y cerca de la represa de San Lorenzo, afloran importantes cuerpos de granodiorita y tonalita –dioritas que marcan un control litológico entre las vertientes montañosas y el valle aluvial. Estos intrusivos son la principal fuente de aporte de sedimentos hacia la parte baja de la microcuenca.

### **3.3.3 Rasgos estructurales locales**

La microcuenca del río San Francisco se encuentra controlado por dos sistemas de estructuras longitudinales: Una que siguen el rumbo general de la cordillera occidental NW-SE y otra transversal con rumbo dominante E-W, que en parte la tendencia morfológica de oeste a este, describiendo altas vertientes montañosas hacia el este y planicies allanadas hacia el oeste, que a su vez determinan la orientación general de la acumulación de sedimentos.

### **3.3.4 Geología económica**

Desde el punto de vista económico, los recursos geológico-mineros que destacan son los no metálicos. Existen diversos depósitos identificados con explotación de arcillas, gravas, arenas y canteras de material grueso localizados en terrazas y cauces activos de las principales quebradas. El mayor volumen de explotación se realiza durante el estiaje, extrayendo materiales diversos para construcción.

## **3.4. GEOMORFOLOGIA**

### **3.4.1 Geomorfología General de la Microcuenca**

La microcuenca del río San Francisco, se caracteriza por la presencia de dos ambientes morfológicos bien marcados: un conjunto de formas elevadas hacia el este conformando colinas y vertientes montañosas con diferentes niveles de disección y una amplia planicie aluvial al oeste ínterdigitada por lomadas, donde se realiza la mayor actividad agrícola del valle.

Esta microcuenca es de forma triangular a manera de un cono invertido con la base hacia el este y el vértice hacia la desembocadura en el río Piura. El colector principal lo constituye el río San Francisco cuyos tributarios principales se distribuyen en su margen izquierda con pendientes que varían entre 8 y 15 %, a través de los cuales aportan sedimentos hacia la cuenca baja. La presencia de materiales con mayor resistencia se relaciona directamente con el flanco occidental de la cordillera de los andes, donde las secuencias volcánicas e intrusivas dan una mejor estabilidad a los terrenos.

Los procesos geodinámicos, por su parte constituyen un factor importante en la determinación de áreas de mayor vulnerabilidad, debido a la existencia de torrentes de gran magnitud que se reactivan periódicamente durante la ocurrencia del fenómeno “El

Niño”; También las actividades antrópicas, manifestado por una agricultura desordenada, contribuye a incrementar la inestabilidad morfológica de la microcuenca.

### **3.4.2 Unidades Geomorfológicas**

En esta microcuenca se manifiesta una serie de procesos erosivos y de acumulación de sedimentos, diferenciando formas diversas desde elevadas cumbres montañosas hasta planicies con acumulación de sedimentos como se describe a continuación ver mapa N° 7.

#### **a. Cauce fluvial activo (Cfa)**

El cauce del río San Francisco, constituye un alineamiento fluvial que discurre desde las cercanías del embalse de San Lorenzo, con rumbo nort-sur, hasta la parte baja, donde cambia de rumbo y se orienta hacia oeste hasta su desembocadura en el río Piura. En su parte inicial el cauce se presenta con formas mas cerradas hasta total bajo, a partir de acá, presenta flancos mas abiertos, limitados por terrazas y planicies formadas por acumulación de sedimentos.

#### **b. Sistema de planicie inclinada de origen fluvial (Spif)**

Son formas inclinadas ubicadas en el eje de los principales torrentes, generalmente de corto recorrido en cuyo fondo se observa varios niveles de avenidas a manera de flujos estacionales algunos de los cuales arrastran gran volumen de material convirtiéndose en huaycos que modifican rápidamente la morfología de los cursos. Estas formas sobresalen hacia la margen izquierda del río.

#### **c. Sistema de planicie de origen fluvio-aluvial (Spfa)**

Se distribuye en áreas próximas a la desembocadura, conformando una planicie de origen fluvial, que posteriormente ha sido modificado por la actividad agrícola en forma intensiva. En los cortes del río se nota sedimentos finos y gruesos bien clasificados que indican eventos periódicos de baja torrencialidad.

#### **d. Sistema de planicie aluvial (Spa)**

Esta geoforma constituye el plano aluvial que cubre la parte baja de la microcuenca. La fisiografía es mayormente plana, por lo cual se considera un área estable en condiciones naturales, sin embargo la acción del hombre y los fenómenos naturales como el niño, cambian totalmente las condiciones de estabilidad del terreno.

Esta geoforma se desarrolla a lo largo del cauce activo del río San Francisco, soportando la mayor actividad antrópica con cultivos de frutales y panllevar bajo la influencia de la irrigación San Lorenzo.



**e. Sistema de planicie erosional (Spe)**

Son superficies planas a plano inclinadas que se distribuyen en el sector occidental de la microcuenca, ocupando zonas intercolinosas. Se han formado por erosión de antiguas colinas y actualmente se encuentran con reducida actividad antrópica.

**f. Superficie erosional ondulada (Lomadas disectadas) (Seo)**

Sobre la margen izquierda del río San Francisco, sobresale un alineamiento de lomadas y colinas bajas con cierto nivel de disección, las mismas que han sido estabilizadas por la densa cobertura arbórea. Estas áreas en parte son ocupadas para el pastoreo y presentan un buen nivel de estabilidad.

**g. Lomadas onduladas (Lo)**

Geoformas de relieve intermedio entre las superficies planas y las colinas bajas, se presentan como ondulaciones del terreno inferiores a 30 metros, con cimas suaves. Su existencia se debe principalmente a que están constituidas por rocas blandas fácilmente modelables, o porque han sido sometidas a fuerte fallamiento y posterior erosión denudacional. Se expone mayormente en la cuenca baja.

**h. Colina baja moderadamente disectada (Cbmd)**

Superficies de relieve colinoso, en las que los accidentes topográficos están comprendidos entre 30 y 80 m. de altura. Constituyen formas aisladas y en sus partes inferiores limitan con zonas de lomadas, fondos de valle o directamente con la planicie aluvial, la topografía es intermedia con pendientes naturales entre 2% y 20% y por lo general son zonas estables. Se exponen parcialmente en la parte central de la microcuenca.

**i. Colina alta moderadamente disectada (Camd)**

Constituyen geoformas positivas con desniveles relativos entre las cimas y las partes depresionadas comprendidas entre 150 y 300 msnm. Generalmente corresponden a formaciones resistentes a los procesos erosivos. Se caracterizan por sus formas redondeadas sobre litología intrusiva con buena resistencia que muestran los últimos procesos erosionales. Se distribuyen en forma alineada en la parte baja al sur de la microcuenca.

**j. Colina alta fuertemente disectada (Cafd)**

Unidades similares a las anteriores, pero con superficies más accidentadas, debido a la mayor resistencia de las unidades líticas sobre las cuales se han diseñado. Han sido originadas por procesos tectónicos y erosivos en la cordillera occidental y se distribuyen aisladamente alineadas a las unidades anteriores.

**k. Ladera de montaña moderadamente disectada (Lmmd)**

Corresponde a elevaciones y crestas marginales del flanco occidental andino, son de topografía abrupta formada por rocas intrusitas, han sido disectados por quebradas de diferente longitud formando valles poco profundos. Acá se originan los principales procesos erosivos con importantes aportes de materiales que arrastran y depositan sobre el valle aluvial. Se han identificado en la parte norte del área cerca al reservorio San Lorenzo.

**l. Ladera de montaña fuertemente disectada (Lmfd)**

Cubriendo gran parte del sector oriental de la microcuenca, sobresalen geoformas elevadas entre 300 a 1 000 m de altura con respecto al nivel de base local. Comprenden formas de tierra de relieve escarpado a accidentado con pendientes que varían entre 50 y más de 75%, con superficie generalmente rocosa y cubierta discontinua de origen coluvial. Los suelos son generalmente superficiales.

**m. Vertiente montañosa moderadamente empinada (Vmme)**

Geoformas alargadas cerca de la divisoria de cuenca en la parte norte, con pendientes comprendidas entre 15° y 50° y topografía accidentada. Se ha originado por procesos tectónicos y actualmente soportan elevados niveles de denudación. Tienen baja densidad de disección y esta cubierto por una importante cobertura arbórea.

**n. Vertiente montañosa fuertemente empinada (Vmfe)**

Geoformas con pendientes superiores a 55°, la disección en ellas es intensa y por lo general en las partes altas o cabeceras de las vertientes el drenaje es de tipo dendrítico denso con crestas afiladas, notándose que las principales quebradas son paralelas unas a otras. Estas unidades se encuentran cubiertas por vegetación arbórea y arbustiva y presentan moderados niveles de estabilidad.

También se ha podido identificar otras geoformas menores como playas y orillares en la parte baja del río San Francisco y zonas hidromórficas en la parte media y hacia la cabecera, indicando procesos recientes ocurridos con el último Niño y uso inadecuado del territorio para el aprovechamiento agrícola.

**3.4.3 Procesos Geodinámicos que Afectan a la Microcuenca**

Los procesos geodinámicos que actualmente afectan la microcuenca, pueden ser diferenciados como naturales y procesos erosivos producidos por acción del hombre (antrópicos). Los primeros, se originan generalmente por la ocurrencia cíclica del fenómeno "El Niño" y los segundos, por el mal manejo de los recursos como el agua y los suelos. Entre los principales procesos se menciona los siguientes:

**a. Inundaciones**

Constituye el principal fenómeno de Geodinámica Externa que afecta la microcuenca, se manifiesta a lo largo del río San Francisco y principalmente en la parte baja cerca a la desembocadura. El Fenómeno de El Niño, principal causante de las inundaciones, se manifiesta con la presencia de aguas muy cálidas frente al litoral y lluvias torrenciales que interrumpen las actividades normales en la zona de estudio, provocando considerables pérdidas económicas.

**b. Erosión de Riberas**

Es un fenómeno que se presenta en mayor o menor grado de intensidad en las planicies a lo largo del río. Las principales causas de su ocurrencia son el incremento brusco de sus descargas en cada temporada de lluvias y las variaciones de la dinámica fluvial.

La erosión tiende a afectar a las riberas naturales y en algunos casos a riberas formadas por rellenos artificiales. La destrucción se produce por efecto de la acción hidráulica, sobre las márgenes de los sólidos y sedimentos que arrastran; los que causan daños a las obras de infraestructura vial, agrícola, campos de cultivo y viviendas que se ubican en las riberas.

**c. Huaycos (conos aluvionales)**

Este tipo de fenómenos ocurren en la desembocadura de las quebradas y generan situaciones de riesgo durante la época de mayor precipitación. Se caracteriza por la gran cantidad de sedimentos que arrastra en forma violenta, llegando a colmatar los cauces principales, originando daños a la infraestructura existente como carreteras, canales y otros. En el mapa geomorfológico, se ha identificado sobre la margen izquierda del río y sobre las nacientes de las quebradas en las vertientes montañosas.

**d. Derrumbes**

Este proceso ocurre sobre geoformas con fuerte pendiente, litología de baja resistencia y afectado por un intenso meteorismo en las laderas y vertientes montañosas. El fracturamiento y grado de alteración de las rocas y la inestabilidad de taludes bajo diseños inadecuados en la construcción de carreteras, predispone la acumulación de escombros que al vencer su nivel de estabilidad caen hacia las partes bajas originando los depósitos de escombros con elevados niveles de inestabilidad.

**e. Deslizamientos**

Estos fenómenos son poco frecuentes en la microcuenca, los casos que ofrecen algún peligro de reactivación son de poca magnitud y se manifiestan como rasgos de antiguos deslizamiento en laderas de montaña, hacia la parte oriental del área de estudio.

#### **f. Procesos geodinámicos menores**

En la microcuenca se ha identificado otros procesos de menor magnitud, como cárcavas, coluvios y zonas hidromórficas, que de alguna manera contribuyen al modelado actual del paisaje; Las cárcavas se manifiestan como procesos hídricos lineales en las laderas con fuerte pendiente y material poco resistente a la erosión. Los coluvios se manifiestan como material suelto en las laderas de los cerros y las zonas hidromórficas son el resultado de la sobresaturación de suelos y mal drenaje en zonas con intensa actividad agrícola.

### **3.4.4 Escenarios de Sensibilidad**

#### **a. Generalidades**

La microcuenca del río San Francisco, constituye una zona con alto nivel de sensibilidad, determinado por la presencia de dos ambientes bien diferenciados: Uno hacia el este con poca intervención del hombre, donde la topografía generalmente accidentada, favorece la ocurrencia de proceso geodinámicos en forma natural y otro hacia el oeste, describiendo una amplia planicie aluvial donde las actividades humanas se desarrollan en forma intensiva.

Estos dos ambientes se comportan en forma diferencial, cambiando sus características físicas rápidamente con la presencia del Niño en forma extraordinaria.

#### **b. Factores que determinan los mayores impactos en la microcuenca**

Actualmente esta microcuenca se encuentra en parte protegida por la intensa producción de frutales permanentes, sin embargo los cambios climáticos, la falta de agua provocado por la sequía y malas técnicas en el uso del agua, viene afectando el área, manifestado por la degradación de los suelos y bajos niveles de producción.

La escorrentía superficial confluye hacia el colector principal que es el río San Francisco, a partir de diversos tributarios menores que se activan en cada período de lluvias, aportando un flujo hídrico importante y el acarreo de lodo y bloques rocosos, cuyo efecto se puede apreciar en la mayoría de estos cauces.

El clima es variable y constituye otro factor importante en el comportamiento de la microcuenca, donde la vegetación sirve de capa protectora para mantener la humedad en el valle.

Por su parte el fenómeno “El Niño” constituye el principal agente en la modificación del paisaje, cuya presencia ocasiona cambios violentos en el medio manifestado por inundaciones, arenamientos y sobre saturación del suelo, que ocasionan pérdidas económicas y daños a las poblaciones.

### c. Escenarios de mayor sensibilidad

Para un mejor manejo de la microcuenca es conveniente plantear una zonificación tentativa que permita entender mejor las condiciones físicas del terreno. Analizando, los aspectos geológicos, geomorfológicos y ocurrencia de procesos de geodinámica externa.

- **Zona de alta sensibilidad.-** La parte baja de la microcuenca, cerca de la desembocadura, constituye la zona de mayor sensibilidad, por la ocurrencia de fenómenos de mayor magnitud y uso intenso del territorio y principalmente por que en esta zona se concentra la mayor cantidad de población. Esta zona requiere un tratamiento especial.
- **Zona de moderada sensibilidad.-** La parte media de la microcuenca, hacia el norte, constituye una zona con menos intervención y moderada actividad agrícola, donde el manejo de los recursos puede orientarse para mejorar los niveles de producción.
- **Zona de baja sensibilidad.-** La parte oriental de la microcuenca, conformado por colinas y vertientes montañosas con poca intervención, constituyen áreas poco sensibles desde el punto de vista del uso actual, pero que en el futuro pueden ser muy afectadas.

## 3.5 SUELOS

### 3.5.1 Generalidades

El conocimiento de las características del suelo como parte del ecosistema, permite planificar un uso apropiado, de acuerdo con la corriente ambientalista y la lógica demanda de la sociedad de preservar la tierra para las generaciones futuras, más aún ante el evidente impacto del cambio climático.

La ocurrencia de los suelos en la naturaleza se da en forma agrupada, pudiendo haber suelos homogéneos o muy heterogéneos. La clasificación de estos se hace en base a su morfología, expresada en las características físico-químicas y biológicas y en base a su origen, manifestado por la presencia de horizontes de diagnóstico. Superficies que tienen poco o nada de suelo son consideradas como áreas misceláneas.

La clasificación taxonómica de los suelos se realiza de acuerdo con las definiciones y nomenclatura establecida en el Sistema Internacional de la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, 1999), utilizando como unidad taxonómica el Gran Grupo de suelos. De otro lado se ha tenido en cuenta el D.S. 033-85-AG el cual norma la metodología de los estudios de suelos a nivel nacional.

El propósito fundamental de un levantamiento de suelos es entender el origen, conocer las propiedades de los suelos, su distribución geográfica y predecir su aptitud para diferentes usos; se pueden realizar a través de ellos Interpretaciones Técnicas tales como: Capacidad de Uso Mayor, Aptitud para Riego, Adaptabilidad de Cultivos, Zonificación de Cultivos, Estudios de Impacto ambiental de una determinada actividad sobre el suelo, etc.

El estudio que se expone a continuación enfoca las características del suelo, sus propiedades y su probable comportamiento ante eventos de cambio climático futuro en las áreas de Interés Bajo Piura, Subcuenca San Francisco y Subcuenca Yapatera, áreas que forman parte de la Cuenca del río Piura.

### 3.5.2 Objetivos

- Caracterizar y clasificar el recurso suelo en las áreas de Interés Bajo Piura, Subcuenca San Francisco y Subcuenca Yapatera.
- Determinar los Indicadores de sensibilidad del recurso suelo
- Determinar los niveles de sensibilidad del recurso suelo.
- Establecer los Planes de Manejo para cada nivel de Sensibilidad

### 3.5.3 Caracterización de Los Suelos del Área de Interés Subcuenca San Francisco.

#### a. Clasificación Taxonómica de los Suelos.

Se ha realizado la clasificación taxonómica de suelos, según el sistema Soil Taxonomy (1999), identificándose para la el área de interés un (1) orden de suelos, dos (2) subórdenes y tres (3) grandes grupos, tal como se aprecia en el cuadro a continuación, cuadro N° 10 y mapa N° 8.

**Cuadro N° 10**  
Clasificación taxonómica de los suelos del área  
De interés san francisco

SOIL TAXONOMY (1 999)			FAO(1 994)	SUELOS INCLUIDOS
ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	GRUPO	
Entisols	Fluents	Torrifluents	Fluvisol	Morropón, Pelingará Alto Curvan Tambogrande
		Orthents	Torriorthents	Regosol
	Ustorthents		Carneros Frías Bajo	

En el cuadro podemos apreciar que las unidades de suelos clasificadas se han agrupado en número de siete (7), encontrándose suelos sin desarrollo genético, por tratarse de suelos jóvenes y por las condiciones ambientales de escasa precipitación que le confieren cierta estabilidad a los materiales originales del suelo.

Es pertinente mencionar, que se presenta un horizonte superficial con acumulación de materia orgánica en niveles generalmente bajos, denominado en la Taxonomía de suelos como Horizonte Ochric, típico de suelos jóvenes como los entisoles, es decir, todos los suelos encontrados en el área de interés estudiada.

Los suelos más importantes de esta zona, son aquellos clasificados dentro del orden Entisol, Sub Grupo Fluvents y Gran Grupo Torrfluvents, se trata de suelos netamente aluviales, con características físicas y químicas adecuadas para una amplia gama de cultivos.

Los suelos Torrfluvents, en el área de interés San Francisco, son aquellos en los que se desarrolla la mayor actividad agrícola, donde se cultivan especies alimenticias principalmente para el consumo interno y frutales de exportación, es decir que son los de mayor importancia económica de la Cuenca del Río Piura. Tal como se aprecia en el cuadro 4, se trata de los suelos Morropón, Pelingará, Alto Curvan y Tambogrande.

Sin embargo, contrario a su importancia económica estos suelos presentan niveles de fertilidad de medios a bajos, debido a la naturaleza mineralógica del material de origen de los suelos y las condiciones de manejo al recurso especialmente en las áreas cultivadas. Los suelos que poseen fertilidad media, como Morropón y Tambogrande, son suelos profundos y características fisicoquímicas apropiadas para una gran gama de cultivos, es allí donde deben sembrarse la mayor cantidad de especies frutales de largo periodo vegetativo.

Los suelos considerados con características que les confieren bajos niveles de fertilidad son aquellos que presentan clases texturales medias a gruesas y con contenido medio a alto de pedregosidad, lo cual limita las condiciones de laboreo y manejo de suelos.

De otro lado, las condiciones de aridez implican que los suelos ya no sólo presenten problemas de pobreza sino que también acusan déficit hídrico para el crecimiento de las plantas, en este grupo podemos encontrar a los suelos Tejedores, Carneros y Frías Bajo.

Las unidades de suelos cartografiados se encuentran graficados en el Mapa N° 8, donde cada unidad de suelos aparece en su fase por pendiente correspondiente; también se encuentran unidades de suelos en asociaciones asignándose a cada componente de la asociación de suelos el porcentaje que le corresponde.

La ecología de la zona, la pendiente, las características físicas químicas y biológicas de los suelos permiten calificar el potencial de uso de los suelos de la sub cuenca San Francisco, criterios que permitirán más adelante la clasificación por Capacidad de Uso Mayor de los Suelos, donde evidentemente los suelos aluviales son los de mayor importancia.

## b. Características y Propiedades Generales de los Suelos de la Subcuenca San Francisco

Las características climáticas del área permiten indicar y calificar a la zona como árida, las condiciones oscilan del seco y cálido al superárido. En dichas condiciones se desarrollan los suelos de ésta área de interés, corresponden a suelos de planicies aluviales y superficies con topografía variada, donde se encuentran lomadas suaves a onduladas.

En la zona baja del área de estudio se encuentran suelos profundos a muy profundos, especialmente aquellos generados en terrazas aluviales, éstos presentan las mejores características edáficas para la producción de especies cultivadas, y es donde mayormente se encuentran las plantaciones de frutales con mayor éxito, especialmente de mango para exportación.

Los niveles de fertilidad son variables y oscilan desde muy bajas a medios; entre los primeros se puede citar a los suelos de clase textural de arena, originados a partir de depósitos aluviales en el fondo de las quebradas, o área de influencia de las mismas, con muy bajo contenido de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico y bajo contenido de nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

Los suelos con medios niveles de fertilidad provienen generalmente de depósitos de sedimentos aluviales medios a finos, contenidos medios de materia orgánica y coloides minerales, que le confieren una baja a mediana capacidad de intercambio catiónico y adecuadas propiedades físicas, químicas y biológicas. En cambio los suelos arenosos tienen muy bajos niveles de fertilidad, por el bajo contenido de materia orgánica y coloides inorgánicos como las arcillas.

### Características Físicas de los Suelos de la Subcuenca San Francisco

#### ■ Clase Textural.

Los suelos son de textura moderadamente gruesa, media y fina; encontrándose las siguientes clases texturales: Franco Arenosa Gruesa, Franco Arenosa, Franco Arenosa Fina, Franco Arenosa muy fina, Franca y Franco Limosa. En algunos casos se puede encontrar suelos con problemas de permeabilidad por el alto contenido de arcillas, lo cual es poco conveniente para el laboreo de suelos, esta desventaja es aprovechada para sembrar el cultivo de arroz, el cual necesita esa característica, dado que en la zona es manejado bajo el sistema de riego por inundación.

#### ■ Estructura.

Se encuentran suelos con estructura granular y cúbica subangular, los suelos bien provistos de materia orgánica y coloides arcillosos son los que presentan la mejor estructura (cúbica) para la estabilidad del suelo.



- **Profundidad.**

Se tiene suelos profundos en las zonas coluvio aluviales de acumulación de material, hasta suelos profundos y muy profundos en la zona aluvial, donde se ha podido acumular paulatinamente diferentes capas de sedimentos (Horizontes C). Es en los suelos que tienen una adecuada profundidad donde se dan las mejores ventajas para la instalación de frutales de gran importancia económica, como el mango que es cultivado con éxito en la subcuenca San Francisco.

### **Características Químicas de los Suelos de la Zona Media y Baja de la Cuenca.**

- **pH.**

El pH de los suelos tiene calificaciones desde Neutros a Alcalinos, presentándose suelos con fuerte alcalinidad en aquellos lugares donde el contenido de carbonatos o el porcentaje de sodio intercambiable son altos, esto último puede estar ocurriendo en suelos que están siendo sometidos a un proceso de salinización, con el riesgo de convertirse en suelos salino sódicos, ayudados por la clase textural fina del suelo.

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).**

Esta propiedad química presenta valores bajos a medios, debido al contenido de materia orgánica menor a 2% y a la baja a media cantidad de arcillas; siendo la CIC un parámetro significativo para calificar el nivel de fertilidad de los suelos, desde el punto de vista químico, se puede mencionar que los suelos presentan niveles medios a bajos de fertilidad.

- **Contenido de Carbonatos (Calcáreo).**

El contenido de carbonatos en los suelos de la zona media y baja de la cuenca oscila entre valores que van de bajos (< de 1%) a medios (1 - 5%), pudiéndose convertir éste parámetro en un factor limitante de la producción de cultivos sensibles a niveles medios de carbonatos, debido interacciones químicas negativas entre los nutrientes minerales de las plantas.

- **Salinidad.**

La salinidad se califica como baja o normal hasta alta, debido a la lectura de conductividades eléctricas menores a 4 dS/m (deciSiemens/metro) hasta valores altos como 15 a 20 dS/m, en áreas muy localizadas de la Subcuenca San Francisco. El problema de salinidad básicamente se localiza en los suelos que vienen siendo regados con agua de mala calidad, por ejemplo de agua de drenes.

- **Contenido de Nutrientes Mayores (N,P,K).**

El contenido de **Nitrógeno** de los suelos está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica en los suelos, los suelos de zonas áridas como la Subcuenca San Francisco, presentan bajos niveles de acumulación de materia orgánica. Por lo tanto el contenido de nitrógeno es bajo, por el saldo negativo entre el proceso de liberación de N y la acumulación de éste para el crecimiento de las plantas.

El contenido de **Fósforo**, en los suelos, se presenta en niveles bajos, por lo general, debido al origen aluvial diversificado de los suelos en el área de estudio.

El contenido de **Potasio**, disponible, en los suelos se presenta en valores de medios a altos, es decir se cuantifica en valores mayores a 272 Kg./ha, lo cual permite afirmar que podría abastecer adecuadamente los requerimientos de las especies cultivadas; aunque es importante indicar que para cultivos exigentes en potasio aún cuando haya adecuados niveles, éstos se deben fertilizar con fuentes solubles y de rápida disponibilidad.

Las unidades de suelos cartografiados se encuentran graficados en el Mapa N° 14, donde cada unidad de suelos aparece en su fase por pendiente correspondiente; también se encuentran unidades de suelos en asociaciones asignándose a cada componente de la asociación de suelos el porcentaje que le corresponde; las fases por pendiente se consignan en el Cuadro N° 10 y las unidades de suelos asociadas y no asociadas en el Cuadro N° 11, tal como se exponen a continuación.

**Cuadro N° 11**

Unidades cartográficas de suelos en el área de interés san francisco

Nombre	Pendiente	Símbolo	Superficie	
			Ha	%
<b>CONSOCIACIONES</b>				
Morropón	A	Mo/A	836.65	1.82
	B	Mo/B	1890.97	4.12
Tambogrande	A	Tg/A	120.97	0.26
Tejedores	C	Tj/C	34.33	0.07
Carneros	C	Ca/C	1080.03	2.35
Alto Curvan	B	AC/B	676.38	1.47
	C	AC/C	2893.18	6.30
<b>Asociaciones</b>				
Tejedores-Pelingará	B	Tj-Pe/B	40.71	0.09
	C	Tj-Pe/C	3686.38	8.03
	D	Tj-Pe/D	3141.67	6.84
Tejedores-Roca	B	Tj-R/B	117.87	0.26
	C	Tj-R/C	1651.32	3.60
	D	Tj-R/D	8210.44	17.88
	E	Tj-R/E	417.30	1.03
	F	Tj-R/F	235.32	0.51
Frías Bajo-Roca	C	FB-R/C	207.21	0.45
	D	FB-R/D	1592.49	3.47
Carneros - Roca	C	Ca-R/C	1625.65	3.54
	D	Ca-R/D	1977.76	4.31
Roca – Carneros	D	R-Ca/D	610.73	1.33
Roca-Tejedores	D	R-Tj/D	480.65	1.05
	E	R-Tj/E	4108.43	8.94
	F	R-Tj/F	2600.52	5.66
	G	R-Tj/G	4861.68	10.58
Roca-Frías Bajo	E	R-FB/E	280.75	0.61
	F	R- FB /F	1309.73	2.85
	G	R- FB /G	958.98	2.09
Río			228.43	0.5
Total			45930.52	100.0

La ecología de la zona, la topografía plana a ondulada, las características físicas químicas y biológicas de los suelos permiten calificar el potencial de uso de los suelos del área de interés en la Subcuenca San Francisco, criterios que nos permiten llegar a determinar la clasificación por Capacidad de Uso Mayor de los Suelos, donde se verifica que los suelos aluviales son los de mayor importancia económica.

En esta área de interés se concentra una gran inversión en infraestructura de riego y drenaje, contando con riego regulado proveniente de la Represa de San Lorenzo; es en ésta área donde se aprovecha la ecología de la zona, disponibilidad de agua y las condiciones del suelo para la explotación de cultivos de exportación como el mango.

### **3.6 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS**

#### **3.6.1 Generalidades**

La Capacidad de Uso Mayor de Tierras es una característica interpretativa e integrada de la naturaleza morfológica y litológica de las tierras, así como el ambiente ecológico en que se desarrolla, determinando así su máxima vocación de uso y con ello las predicciones de su comportamiento.

Para la determinación de las diferentes Unidades de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras en el Área de Interés Subcuenca San Francisco, se ha procesado información existente de Recursos Naturales de la zona; introducción de nuevos criterios sobre la relación aptitud - manejo ecológico y el uso de sistemas de automatización del procesamiento de la información; se ha hecho uso de una de las tecnologías de apoyo como el Sistema de Información Geográfica (SIG) que acelera y precisa la obtención de resultados confiables expresados mediante tablas y mapas.

Según el Reglamento de Clasificación de Tierras de Acuerdo a Su Capacidad de Uso Mayor, estas se pueden agrupar en Grupos, Clases y Subclases de Capacidad de Uso Mayor, para el caso de la Cuenca del Río Piura, se ha clasificado hasta el nivel de subclases, las que han sido determinadas en el Área de Interés Subcuenca San Francisco.

Es importante mencionar que en el Área de Interés Subcuenca San Francisco comprende tierras de cultivo con riego regulado, las cuales reciben los aportes de la Represa San Lorenzo, está constituida por una gran inversión en infraestructura de riego y drenaje. Prosperan en forma mayoritaria, en función del área cultivada y de importancia económica, los cultivos de mango, limón y arroz; en áreas poco significativas se siembran otras especies con diferente importancia económica, desde productos de autoconsumo, productos agroindustriales y otras especies para la exportación.

Mediante el estudio de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras en el Área de Interés Subcuenca San Francisco, se suministra al usuario la información de los recursos naturales y las características de las tierras para su uso racional, sostenido y eficiente de acuerdo con sus limitaciones y potencialidades.

#### **3.6.2 Objetivos**

- Clasificar el suelo de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor en el área de Interés: Subcuenca San Francisco.
- Determinar las limitaciones, lineamientos de uso y recomendar las especies apropiadas para las condiciones ambientales de la zona de estudio.

#### **3.6.3 Unidades de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras en el Área de Interés San Francisco**

La superficie y porcentaje de las diferentes categorías clasificadas se muestran en el Cuadro N° 12 y su distribución cartográfica se muestran en el Mapa N° 9, Mapa de Capacidad de Uso Mayor – Área de Interés San Francisco a escala 1:50 000.

Las unidades de Uso Mayor pueden presentarse en forma individual o formando asociaciones. Dentro de las asociaciones de Unidades de Uso Mayor se ha considerado que el primer miembro de la Asociación comprende el 70% del área de la unidad cartográfica y el segundo miembro abarca el 30%.

### **Cuadro Nº 12**

Unidades de capacidad de uso mayor de suelos en el área de interés subcuenca San Francisco

Descripción de las Unidades de Capacidad de Uso	Proporción %	Símbolo	Superficie	
			Ha	%
<b>Unidades No Asociadas</b>				
Cultivos en Limpio, calidad agrológica media, limitaciones por suelos, necesidad de riego	100	A2s(r)	1917	4.1
Cultivos en Limpio, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos, necesidad de riego	100	A3s(r)	2688	5.9
Cultivos en Permanentes, calidad agrológica media, limitaciones por suelos, necesidad de riego	100	C2s(r)	2893	6.3
Cultivos en Permanentes, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos, necesidad de riego	100	C3s(r)	34.33	0.1
Protección. Limitaciones por suelo y erosión	100	Xse	5821	12.7
<b>Unidades Asociadas</b>				
Cultivos en Limpio, calidad agrológica baja a media, limitaciones por suelos, necesidad de riego	70 - 30	A3s(r)- A2s(r)	41	0.1
Cultivos en Permanentes, calidad agrológica media. Cultivos en Limpio, calidad agrológica baja. Limitaciones por suelos, necesidad de riego	70 - 30	C2s(r)- A3s(r)	3686	8.0
Cultivos en Permanentes, calidad agrológica baja. Cultivos en Limpio, calidad agrológica baja. Limitaciones por suelos y erosión, necesidad de riego	70 - 30	C3se(r)- A3se(r)	3142	6.8
Cultivos Permanentes, calidad agrológica media, limitaciones por suelos y necesidad de riego. Tierras de Protección, limitaciones por suelos	70 - 30	C2s(r)-Xs	1743	3.8
Cultivos Permanentes, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos y necesidad de riego. Tierras de Protección, limitaciones por suelos	70 - 30	C3s(r)-Xs	1651	3.6
Cultivos Permanentes, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos y erosión. Tierras de Protección, limitaciones por suelos	70 - 30	C3se-Xs	207	0.45
Pastos, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos, erosión y topografía. Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión	70 - 30	P3se(t)-Xse	471	1.0
Forestales, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos y erosión. Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión	70 - 30	F3se- Xse	235	0.5
Cultivos Permanentes, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos y erosión; necesidad de riego. Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión	70 - 30	C3se (r) - Xse	10188	22.2
Forestales, limitaciones por suelos. Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión	70 - 30	F2s-Xse	1593	3.5
Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión – Tierras aptas para Pastos, calidad agrológica Baja, limitaciones por suelos, erosión y necesidad de riego.	70 - 30	Xse-C3se(r)	610	1.3
Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión. Pastos, calidad agrológica Baja, limitaciones por suelos, erosión y topografía.	70 - 30	Xse-P3se(t)	4589	9.9
Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión. Forestales, calidad agrológica baja, limitaciones por suelos y erosión.	70 - 30	Xse-F3se	3910	8.5
Tierras de Protección, limitaciones por suelos y erosión. Forestales, calidad agrológica media, limitaciones por suelos y erosión.	70 - 30	Xse-F2se	281	0.6
Otras Areas				
Ríos			228	0.5
Total			45930	100

Las unidades cartográficas de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras se pueden desagregar y clasificarlas en función de los Grupos, Clases y Subclases de Capacidad de Uso Mayor, tal como se muestran en el Cuadro N° 13.

**Cuadro N° 13**

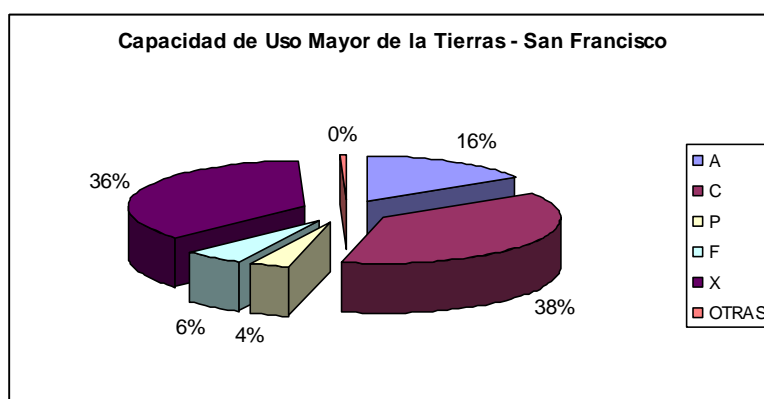
Unidades cartográficas de capacidad de uso mayor  
De las tierras en la subcuenca san francisco

GRUPO			CLASE			SUBCLASE		
SIMBOLO	Ha	%	SIMBOLO	Ha	%	SIMBOLO	Ha	%
A	7217.17	15.71	A2	1928.89	4.20	A2s(r)	1928.893	4.20
			A3	5288.27	11.51	A3s(r)	4345.777	9.46
						A3se(r)	942.501	2.05
C	17543.54	38.20	C2	6694.11	14.57	C2s(r)	6694.11	14.57
			C3	10849.429	23.62	C3se	145.047	0.32
						C3s(r)	1190.254	2.59
						C3se(r)	9514.128	20.71
P	1706.63	3.72	P3	1706.634	3.72	P3se(t)	1706.634	3.72
F	2536.77	5.52	F2	1198.97	2.61	F2s	1114.743	2.43
			F3	1337.799	2.91	F2se	84.225	0.18
						F3se	1337.799	2.91
X	16697.98	36.35	X	557.559	1.21	Xs	557.559	1.21
			Xse	16140.42	35.14	Xse	16140.42	35.14
Otras Áreas								
Ríos						228.43 0.50		
Total						45930.52 100		

Los cinco grupos de Uso Mayor encontrados en la Subcuenca San Francisco, son descritos brevemente, a continuación y según su distribución cartográfica se puede apreciar lo siguiente.

**Gráfico N° 2**

Distribución porcentual de los grupos de Capacidad de uso mayor de las tierras.



### ■ **Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (A)**

Este Grupo incluye aquellas tierras que presentan las mejores características edáficas, topográficas y climáticas de la zona, para el establecimiento de una agricultura de tipo intensivo, basada en especies anuales de corto período vegetativo, adaptados a las condiciones ecológicas del medio. Las tierras aptas para cultivos en limpio comprenden 7217,17 ha que representan el 16% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos, erosión y necesidad de riego.

### ■ **Tierras Aptas para Cultivo Permanente (C)**

Comprende las tierras que presentan fuertes limitaciones edáficas y topográficas que las hacen inadecuadas para la implantación de Cultivos en Limpio, pero que sí son aparentes para la instalación de cultivos permanentes, ya sea de porte arbustivo o arbóreo. De 17 543,54 ha las tierras aptas para cultivos permanentes representan el 38.20%. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos, erosión y necesidad de riego.

### ■ **Tierras Aptas para Pastoreo (P)**

Comprende tierras que por sus limitaciones edáficas, topográficas y climáticas, no son aptas para cultivos intensivos ni permanentes, pero lo son para el pastoreo, ya sea mediante el aprovechamiento de las pasturas naturales temporales o permanentes, o aquellos mejorados, adaptados a las condiciones ecológicas de la zona. Las tierras aptas para Pastos comprenden 1 706,63 ha que representan el 3,72% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tiene una clase de capacidad de uso, baja, la cual presentan limitaciones por suelos, erosión y temporalidad.

### ■ **Tierras Aptas para Producción Forestal (F)**

Este Grupo de Capacidad incluye aquellas tierras con severas limitaciones edáficas y topográficas que las hacen inapropiadas para las actividades agropecuarias de cualquier tipo, pero que sí permiten realizar la implantación o reforestación con especies maderables de valor comercial, propias del medio, o con fines de protección de cuencas. Las tierras aptas para Forestales comprenden 2 536,77 ha que representan el 5,52% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos y erosión.

### ■ **Tierras de Protección (X)**

Comprende aquellas tierras con limitaciones extremas que las hacen inapropiadas para la explotación agropecuaria-forestal, quedando relegadas para otros propósitos, como por ejemplo áreas recreacionales, zonas de protección de vida silvestre, plantaciones forestales con fines de protección de cuencas, lugares de belleza escénica, etc. Las tierras aptas para protección comprenden 16697.98 hectáreas que representan el 36%. Estas tierras presentan limitaciones por suelos y erosión.

### **3.6.4 Descripción de las Unidades de Capacidad de Uso Mayor encontradas en el Área de Interés Subcuenca San Francisco.**

A continuación se describe las características y cualidades más significativas de las Unidades de Capacidad de Uso Mayor en la Subcuenca San Francisco, establecidas a nivel de Grupo, Clase y Sub Clase de Capacidad de Uso Mayor determinadas dentro del contexto geográfico en el área de estudio.

#### **Tierras Aptas para Cultivo En Limpio (A)**

Comprende aquellas tierras que presentan las mejores características edáficas, topográficas y climáticas, para el establecimiento de una agricultura de tipo intensiva, en base a especies anuales de corto período vegetativo, adaptadas a las condiciones ecológicas.

Es importante señalar, que estas tierras, sobre todo aquellas ubicadas en los valles de la Costa, podrían ser utilizadas para la implantación de Cultivos Permanentes (C), siempre que se presente una coyuntura económica favorable en el mercado, que permita obtener una mayor rentabilidad con este tipo de cultivos.

De otro lado, se puede cambiar el uso, con la finalidad de poder economizar el uso del agua, en aquellas zonas donde la disponibilidad de este recurso es muy limitado, debido a que los Cultivos Permanentes, mediante técnicas adecuadas de manejo, facilitan y optimizan la aplicación del agua de riego a nivel de cada planta. Además, existen otras zonas de condiciones climáticas y edáficas aparentes para esta actividad, ya sea con fines productivos o de protección de cuencas que no han sido cartografiados por la escala del mapa, las cuales podrán ser cartografiadas a un nivel de estudio más detallado.

Dentro de este Grupo se ha determinado dos (02) Clases de Capacidad de Uso Mayor: A2 y A3

#### **A. Clase A2**

Agrupar tierras que presentan calidad agrológica media para la explotación agrícola de cultivos en limpio o intensivos, con moderadas limitaciones, por lo que requieren de prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos, a fin de asegurar una producción económica y continua. Presentan limitaciones principalmente de carácter edáfico; también de carácter climático debido al déficit de humedad por escasa precipitación.

Dentro de esta Clase se ha determinado una (01) Sub Clase de Capacidad de Uso Mayor: A2s(r).

#### **A.1. Sub Clase A2s (r).**

Agrupar tierras de calidad agrológica media, son moderadamente profundas a profundas; con pendiente casi a nivel (0 – 2%), textura media a moderadamente fina, con drenaje natural bueno a moderado; reacción neutra a ligeramente alcalina; fertilidad natural baja a media y con restricción por riego.



Las tierras de esta Sub Clase se encuentran situadas en las zonas bajas de las áreas de interés en la subcuenca San Francisco, son las que reúnen las mejores condiciones edáficas de las áreas y en las que se encuentra instalada la mayor inversión tanto en cultivos como en infraestructura. A continuación se presentan las limitaciones, lineamientos de manejo y especies recomendables para esta área de interés.

#### ■ **Limitaciones de Uso**

Las mayores limitaciones de uso de estas tierras están referidas, principalmente al factor edáfico, por presentar generalmente una fertilidad natural media, determinada por contenido bajo a medio de materia orgánica, bajo a medio de fósforo disponible y medio a alto de potasio disponibles; también presenta riesgos ligeros a moderados de inundación, especialmente en la zona cercana a la desembocadura en el río Piura; presenta déficit de humedad en las épocas de estiaje, que deben subsanarse con riego suplementario, sobre todo en aquellos años de escasa precipitación como ha ocurrido en los dos últimos años.

#### ■ **Lineamientos de Uso y Manejo**

Para superar el déficit de humedad, se deberá mejorar la infraestructura de riego, tales como canales y reservorios, mediante su impermeabilización, para así evitar la pérdida de agua por infiltración. Igualmente, utilizar el agua en forma más eficiente promoviendo el acceso a sistemas modernos de riego que permitan un mejor uso del recurso.

Para mejorar la fertilidad natural de estas tierras y elevar su capacidad productiva, se recomienda aplicar en forma racional y balanceada fertilizantes químicos nitrogenados, fosforados y potásicos, así como microelementos, bioestimulantes e inoculantes microbiológicos, de acuerdo con un análisis de fertilidad de suelos y análisis de tejidos de plantas.

Se recomienda incorporaciones de materia orgánica en sus diversas formas como abono verde, compost, estiércol o residuos de cosecha para mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas, mejorando entre otros aspectos, la retención de humedad, la estructura, relaciones de aireación y contenido de nutrientes. De acuerdo a la disponibilidad de materia orgánica se recomienda la aplicación de 5 a 10 T/Ha.

#### ■ **Especies Recomendables**

Dadas las condiciones climáticas y edáficas, se recomienda la siembra de los siguientes cultivos, “algodón”, “maíz”, “hortalizas” (legumbres, cebolla amarilla, col, coliflor, brócoli y otros), “arveja”, “alfalfa”, “melón”, “Sandía” y otros cultivos que se consideren apropiados para la zona de acuerdo a la experiencia de los agricultores o técnicos del lugar. De ser necesario, se debe hacer un análisis de sensibilidad económica para tomar la decisión de sembrar cultivos permanentes que sean más rentables que los cultivos intensivos.

Es importante la instalación de cultivos rentables con baja demanda de agua, en la medida que la disponibilidad del recurso es muy limitada en gran

parte de los últimos años, debiéndose promover la instalación de sistemas de riego a presión, para poder satisfacer la demanda de agua en el área actualmente sembrada.

## **B. Clase A3**

Se trata de tierras calidad agrológica baja para la explotación de cultivos en limpio o intensivos, muestran severas limitaciones, por lo que requieren de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos, a fin de asegurar una producción económica y continua. Presentan limitaciones principalmente de carácter edáfico; igualmente limitaciones debido al déficit de humedad por escasa precipitación, generando, la necesidad de aplicación de riego para su incorporación a la agricultura.

Dentro de esta Clase se ha determinado dos (02) Sub Clases de Capacidad de Uso Mayor: A3s (r) y A3se (r).

### **B.1. Sub Clase A3s (r)**

Involucra tierras de calidad agrológica baja, son moderadamente profundos a profundos; con pendiente plana a moderadamente inclinada (0 – 8 %), textura gruesa a media, con drenaje natural bueno a excesivo; reacción neutra a moderadamente alcalina; fertilidad natural baja. Sus limitaciones están referidas principalmente al factor edáfico y a la necesidad de riego por el déficit hídrico que siempre se presenta.

Las tierras de esta Sub Clase se encuentran dispersas en el área de interés en la zona baja y media de la subcuenca San Francisco. A continuación se presenta las limitaciones de uso, lineamientos de uso y manejo, así como las especies recomendables para la explotación de las tierras.

#### **■ Limitaciones de Uso**

Las mayores limitaciones de uso de estas tierras están referidas, principalmente al factor edáfico, tienen una fertilidad natural baja, determinada por contenido bajo de materia orgánica, bajo de fósforo disponible y medio de potasio disponibles; puede presentar fases por salinidad localizada principalmente en la zona baja del área de estudio.

#### **■ Lineamientos de Uso y Manejo**

De acuerdo a las exigencias de los cultivos, se recomienda aplicar programas de fertilización combinada, entre fertilizantes orgánicos y fertilizantes químicos nitrogenados, fosforados y potásicos; esta fertilización debe complementarse con la aplicación de microelementos, bioestimulantes e inoculantes microbiológicos, de acuerdo con un previo análisis de fertilidad para incrementar y mantener la fertilidad natural.

Es evidente el déficit de humedad, especialmente en épocas de sequía, se recomienda programar cultivos con baja demanda de agua (no arroz) y mejorar la eficiencia de uso de agua de riego, mediante sistemas modernos de riego o sistemas intermedios como el riego por surcos, dejando de lado el riego por inundación.

Se recomienda incorporaciones de materia orgánica en sus diversas fuentes, los cuales deben ser mayores a las 10 T/Ha. Ello mejora la retención de humedad, formación de estructura, relaciones de aereación e incrementa el contenido de nutrientes.

#### ■ **Especies Recomendables**

Dadas las condiciones climáticas y edáficas, se recomienda la siembra de los siguientes cultivos, “algodón”, “maíz”, “hortalizas” (legumbres, cebolla amarilla, col, coliflor, brócoli y otros), “arveja”, “alfalfa”, “melón”, “Sandía” y otros cultivos que se consideren apropiados para la zona. En las zonas donde ecológicamente es posible la producción de cultivos permanentes como los frutales, éstos pueden ser instalados en reemplazo de los cultivos en limpio, siempre y cuando sean económicamente más rentables.

### **Tierras Aptas para Cultivos Permanentes (c)**

Incluye aquellas tierras que presentan las mejores características edáficas, topográficas y climáticas del departamento, para el establecimiento de Cultivos Permanentes, ya sean de porte arbustivo o arbóreo.

Las tierras con aptitud potencial para Cultivos en Limpio (A), podrían ser aprovechadas para Cultivos Permanentes (C), de resultar más rentable ya que en el área de estudio existe un clima apropiado para el cultivo de algunos frutales adaptados a las condiciones ecológicas del medio.

Dentro de este grupo se ha determinado dos (02) Clases de Capacidad de Uso Mayor: C2 y C3.

#### **A. Clase C2**

Agrupar tierras de calidad agrológica media, con deficiencias moderadas de orden edáfico principalmente y ligeramente de orden topográfico. Se presentan con características apropiadas para la implantación de Cultivos Permanentes, con prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos; sus limitaciones están referidas principalmente al factor edáfico, necesitan aplicación de riego.

Dentro de esta Clase se ha determinado una (01) Sub Clase de Capacidad de Uso Mayor: C2s (r).

##### **A.1 Sub Clase C2s (r).**

Agrupar tierras de calidad agrológica media, se encuentra conformado por suelos ligeramente superficiales a moderadamente profundos; en fase por pendiente plana a fuertemente inclinada (4- 8%); con suelos de textura media a fina, con drenaje natural bueno; de reacción ligeramente alcalina. Sus limitaciones están referidas principalmente al factor edáfico y necesidad de riego.

Los suelos de esta Sub Clase, están ubicados en las áreas de interés San Francisco en superficies moderadamente inclinadas (4-8%). A continuación se

presenta las limitaciones de uso, los lineamientos de uso y manejo, así como las especies recomendables a sembrar en dichas tierras.

#### ■ **Limitaciones de Uso**

Las mayores limitaciones de uso de estas tierras están referidas, principalmente, a la fertilidad natural media, determinada por contenidos bajos a medios de materia orgánica y nitrógeno, bajo de fósforo disponible y alto de potasio disponible. Es pertinente indicar que el área de estudio en general en esta subcuenca tiene una limitante fuerte por déficit de humedad, el cual es necesario sea subsanado permanentemente para que sea posible la explotación de cultivos.

#### ■ **Lineamientos de Uso y Manejo**

La utilización de estas tierras para la producción de Cultivos Permanentes en forma intensiva y económicamente rentable, requiere de medidas de manejo y conservación de suelos, mediante la aplicación racional y balanceada de fertilizantes químicos, nitrogenados, fosforados y potásicos, así como de microelementos, de acuerdo con un previo análisis de suelo para determinar el balance entre la demanda del cultivo y el contenido de los nutrientes en el suelo.

Además, es necesario realizar aplicaciones de materia orgánica en sus diversas formas lo cual permitirá, entre otros aspectos, mejorar el poder retentivo de humedad de los suelos, se debe considerar un adecuado establecimiento de Cultivos Permanentes de acuerdo a las características topográficas del terreno.

Es pertinente recomendar el diseño e implementación de sistemas de riego tecnificado, (goteo, exudación, aspersión, microaspersión), para la aplicación del agua de riego y mejorar la eficiencia de uso de la misma en los cultivos.

#### ■ **Especies Recomendables**

Dadas las condiciones ecológicas y edáficas, se recomienda los siguientes cultivos: frutales tales como mangos, cítricos, plátanos, tamarindo, mango ciruelo, granadilla, maracuyá, papaya, ciruelo y otros. Es importante investigar acerca de la adaptabilidad de frutales como Vid y otros que tienen una rentabilidad garantizada.

### **B. Clase C3**

Agrupación de tierras de calidad agrológica baja, con deficiencias de orden edáfico principalmente y ligeramente de orden topográfico. Se presentan con características apropiadas para la implantación de Cultivos Permanentes, con prácticas moderadas a intensivas de manejo y conservación de suelos; sus limitaciones están referidas principalmente al factor edáfico, necesitan aplicación de riego.

Dentro de esta Clase se ha determinado tres (03) Sub Clases de Capacidad de Uso Mayor: C3s (r), C3se y C3se (r).

### **B. 1 Sub Clase C3s (r)**

Agrupar tierras de calidad agrológica baja, se encuentra conformado por suelos ligeramente superficiales a moderadamente profundos; en fase por pendiente moderadamente inclinada (4-8%); suelos de textura gruesa a moderadamente gruesa, con drenaje natural bueno a excesivo; de reacción neutra a ligeramente alcalina. Sus limitaciones están referidas principalmente al factor edáfico y a las necesidades de riego por el constante déficit hídrico en la zona de estudio.

Los suelos de esta Sub Clase, están dispersos en el área de estudio; a continuación se presentan las limitaciones de uso, los lineamientos de uso y manejo, así como las especies que podrían tener un buen desempeño de acuerdo a las condiciones ecológicas de la zona.

#### ■ **Limitaciones de Uso**

Las principales limitaciones de uso de estas tierras están referidas, principalmente, a la fertilidad natural baja, determinada por contenidos bajos de materia orgánica y nitrógeno, bajo de fósforo disponible y medio a alto de potasio disponible. El déficit de agua es un factor muy importante a tener en cuenta, por ello las necesidades de riego son un elemento limitante para el uso de las tierras.

#### ■ **Lineamientos de Uso y Manejo**

La utilización de estas tierras para la producción de Cultivos Permanentes en forma intensiva y económicamente rentable, requiere de prácticas de manejo y conservación de suelos, mediante la aplicación de un programa de fertilización racional con fertilizantes químicos, nitrogenados, fosforados y potásicos, así como la incorporación de materia orgánica en niveles mayores a 10 T/ha. En forma de estiércol, rastrojos de cosecha u otras fuentes. De otro lado, se debe considerar un adecuado establecimiento de Cultivos Permanentes de acuerdo a las características topográficas del terreno.

Es pertinente recomendar el diseño e implementación de sistemas de riego a presión, (goteo, exudación, aspersión, microaspersión), de tal forma que se haga un uso eficiente del agua de riego.

#### ■ **Especies Recomendables**

Dadas las condiciones ecológicas y edáficas, se recomienda los siguientes cultivos: frutales tales como mangos, vid, cítricos, tamarindo, mango ciruelo, granadilla, maracuyá, papaya y otros.

### **B.2. Sub Clase C3se**

Agrupar tierras de calidad agrológica baja, estas tierras deben ser utilizadas con adecuadas técnicas de manejo y conservación de suelos. Se presentan en formas de lomadas y colinas bajas, de relieve ondulado; en fase de pendiente moderadamente inclinada a fuertemente inclinada (4–15%), con una moderada a fuerte susceptibilidad a problemas erosivos de naturaleza

hídrica. Incluye suelos moderadamente profundos de textura fina a media, reacción neutra a moderadamente ácida. Las limitaciones que presentan estas tierras son de carácter edáfico y topográfico principalmente.

Las tierras de esta Sub Clase se encuentran ubicadas en la zona alta de la subcuenca del río San Francisco. A continuación se presentan las limitaciones de uso, lineamientos de uso y manejo, así como se recomienda las principales especies que pueden prosperar bajo las condiciones ecológicas del área de estudio.

#### ■ **Limitaciones de Uso**

La limitación de uso más importante de estas tierras está dada principalmente por la susceptibilidad a problemas de erosión hídrica, por las pendientes de los terrenos moderadamente inclinada a fuertemente inclinada (4–15%) y a la fertilidad natural baja a media y por la acidez de los suelos.

#### ■ **Lineamientos de Uso y Manejo**

Para el uso de estas tierras se debe prestar especial cuidado a los problemas erosivos, considerándose las técnicas de conservación de suelos como: plantación del cultivo siguiendo las curvas a nivel, técnica de transplante del “tres bolillo” y el mantenimiento de una cobertura herbácea permanente entre las plantas para evitar el daño en el suelo del impacto de las gotas de lluvia sobre suelo “desnudo”.

Con respecto a la baja fertilidad considerar un plan de fertilización, basado en la aplicación de formulas balanceadas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, así como de microelementos.

Considerando la moderada susceptibilidad de estas tierras a problemas de erosión se pueden adoptar otras técnicas de carácter conservacionista como la agroforestería que combina las actividades de cultivos con la producción del bosque, asociando especies frutícolas con especies maderables de elevado valor comercial o también especies frutales de porte arbóreo.

#### ■ **Especies Recomendables**

Dadas las condiciones climáticas y edáficas se recomiendan las siguientes especies “piña”, “cítricos”, “papayo”, “caña de azúcar” y “maracuyá”. Entre los frutales nativos tenemos: “almendro”, “anona”, “guanábana”. También se puede considerar especies frutales de porte arbóreo como “mamey” y forestales como el “zapote”, entre otras.

Otras Subclases presentes en esta clase, corresponden a aquellas áreas que necesitan riego (r), para poder ser incorporadas a la producción de cultivos permanentes, debido a la aridez o hiperaridez de la zona de estudio. Es necesario, en éstas áreas, promover el uso eficiente de agua de riego mediante sistemas modernos de riego.

## **Tierras Aptas para Pastoreo (p)**

Estas tierras, por sus limitaciones edáficas, topográficas y climáticas, no son aptas para cultivos intensivos ni permanentes, pero si son apropiadas para el pastoreo, ya sea en base al aprovechamiento de las pasturas naturales temporales, permanentes y semipermanentes, o aquellos pastos mejorados que pueden ser cultivados, adaptados a las condiciones ecológicas del área de estudio.

Dentro de este grupo se ha determinado una (01) Clases de Capacidad de Uso Mayor: P3.

### **A. Clase P3**

Agrupar aquellas tierras de baja calidad agrológica de aptitud limitada para pasturas, que sin embargo, con prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos, se podría desarrollar una actividad pecuaria rentable, en pequeña a mediana escala. Las limitaciones que presentan estas tierras son de carácter topográfico, edáfico y climático, sobre todo para aquellas especies de pasturas y ganado no adaptados a la zona.

Dentro de esta Clase se ha determinado una (01) Sub Clase de Capacidad de Uso Mayor: P3se(t). Dicha subclase denotan limitaciones por suelos, erosión y temporalidad para la actividad de pastoreo; las cuales deberán subsanarse para que los terrenos puedan subsistir como unidades productivas eficientes. A continuación se describen la mencionada subclase.

#### **A.1 Sub Clase: P3se(t)**

Comprende tierras de calidad agrológica baja, esta conformada por suelos moderadamente profundos a superficiales, en fase por pendiente Fuertemente inclinada a moderadamente empinada (8 – 25 %), textura media a moderadamente fina; con reacción moderada a ligeramente ácida; fertilidad natural baja; con drenaje natural bueno a excesivo. Sus limitaciones están referidas principalmente a los factores edáficos, topográficos, y en menor intensidad al climático.

Las tierras de esta Sub Clase se encuentran situadas dispersas en la subcuenca San Francisco, especialmente en la zona alta. A continuación se describen las limitaciones de uso, lineamientos de uso y manejo, así como se recomiendan las especies que mejor se desempeñarían en las condiciones ecológicas de la zona de estudio.

#### **■ Limitaciones de Uso**

Las limitaciones de uso de este grupo de tierras están relacionadas básicamente al factor edáfico por la baja fertilidad natural, al factor topográfico por la presencia en fase por pendiente Fuertemente inclinada a moderadamente empinada (8 – 25 %), lo cual puede generar erosión acelerada ante la presencia de lluvias intensas. Igualmente la temporalidad para la explotación de pastos es evidente, estando condicionada a la presencia de lluvias estacionales en la zona de estudio o a las lluvias intensas durante los Fenómenos El Niño.

### ■ Lineamientos de Uso y Manejo

Para mantener o mejorar la capacidad productiva o de soporte, superar en alguna forma el déficit de humedad de estas tierras y poder lograr un uso adecuado, se recomienda evitar la tala indiscriminada de las especies arbustivas existentes, prevenir los incendios forestales y evitar las prácticas tradicionales de quema. Se recomienda el uso de pastos nativos mejorados, que son más tolerantes y resistentes; también se debe incentivar la propagación de otras pasturas exóticas mejoradas adaptadas, que sean de buena calidad.

Se debe impulsar el fomento de la ganadería, con razas de ovinos adaptados, que sean de alto rendimiento en lana y carcasa, pero aplicados en forma más cuidadosa; adicionando además otras técnicas o prácticas culturales que se consideren de mejor efecto para estas zonas de características áridas del departamento.

El uso de estas tierras debe estar orientado al pastoreo extensivo sólo en forma temporal, bajo prácticas intensivas de conservación y manejo de suelos, con el fin de prevenir los efectos erosivos, debido a su fase por pendiente fuertemente inclinada a moderadamente empinada, y la escasa y temporal cobertura vegetal.

Se recomienda mantener una adecuada cubierta vegetal, evitando el sobre-pastoreo, mediante el establecimiento de potreros, adecuada carga animal y tiempo de pastoreo. De otro lado, se debe ejecutar la construcción de zanjas de infiltración en las cabeceras de las laderas, con el fin de disminuir la escorrentía superficial y aumentar la infiltración del agua de lluvias, aumentando de este modo la humedad del suelo por un mayor espacio de tiempo, práctica que permitirá un mejor desarrollo de las pasturas.

### ■ Especies Recomendables

Se debe realizar una colección y selección de especies de pastos nativos existentes, con fines de investigación, para seleccionar y determinar las especies de mejor rendimiento y calidad ya sea gramínea o leguminosa, para su propagación futura de acuerdo a las condiciones edáficas y ecológicas de las áreas de interés en la cuenca del río Piura, considerándose por ejemplo los siguientes géneros, dada su alta calidad palatable, *Poa* sp, *Bromus* sp, *Calamagrostis* sp, *Bidens* sp, *Chloris* sp, etc.

### **Tierras Aptas para Forestales (f)**

Este Grupo de Capacidad incluye aquellas tierras con severas limitaciones edáficas y topográficas que las hacen inapropiadas para las actividades agropecuarias de cualquier tipo, pero si permiten realizar la implantación o reforestación con especies maderables de valor comercial, propias del medio, ya sea con fines productivos o como en el presente caso, con fines de protección de cuencas de uso muy selectivo.

Dentro de este grupo se ha encontrado dos (02) Clases de Capacidad de Uso Mayor: F2 y F3.



## A. Clase F2

Comprende tierras de calidad agrológica media, incluye suelos moderadamente profundos de textura media a fina, con buen drenaje, reacción ligera a moderadamente ácida, fertilidad natural media a baja; apropiadas para la implantación o forestación de especies arbóreas de alto valor botánico, económico, medicinal e industrial, ya sea con fines de explotación o conservación de cuencas; pero con prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos. Sus limitaciones más importantes están referidas principalmente al factor topográfico y edáfico.

Dentro de esta clase se ha determinado dos Sub Clases de Capacidad de Uso Mayor: F2s y F2se.

### A.1. Sub Clase F2se

Agrupar tierras de calidad agrológica media, está conformada por suelos superficiales a moderadamente profundos, encuentra localizada sobre lomadas y colinas medias y bajas, en fase por pendiente moderadamente empinada (15-25%); de textura media a fina; de reacción neutra a ligeramente alcalina; buen drenaje. Estas tierras presentan limitaciones edáficas y topográficas que condicionan su uso.

Las tierras en esta Sub Clase se encuentran dispersas en la parte alta del área de Interés San Francisco. A continuación se presentan las limitaciones de uso, lineamientos de uso y manejo, así como se recomiendan las especies que por su hábito de crecimiento son apropiadas a las condiciones ecológicas de la zona.

#### ■ Limitaciones de Uso

Las limitaciones de uso más importantes de estas tierras están representadas por el factor edáfico, debido a la escasa profundidad efectiva, el cual está limitado por un contacto lítico; baja fertilidad natural por deficiencia de nutrientes, generalmente de Nitrógeno y Fósforo disponible que limitan el rango de especies forestales propias del piso ecológico, o para aquellas especies exóticas comerciales, poco adaptables al medio.

El factor topográfico, constituye la limitación más importante, debido a la presencia de pendiente moderadamente empinada que incrementan la susceptibilidad del suelo a la erosión, la escorrentía superficial, lo cual determina que el potencial de erosión sea alto.

#### ■ Lineamientos de Uso y Manejo

Por las limitaciones existentes en estas tierras, solo pueden ser utilizadas para forestación y/o reforestación con especies maderables comerciales, bien adaptadas, sean nativas o exóticas, manejadas con técnicas silviculturales apropiadas. La reforestación constituye una práctica fundamental que debe ser ejecutada en forma permanente para la conservación y uso racional de los suelos, además de crear una fuente de producción de madera para diversos usos, lo cual significaría un ingreso económico seguro para el productor local; aparte de contribuir a la conservación de suelos de ladera contra los agentes erosivos.

- **Especies Recomendables**

De acuerdo a las condiciones ecológicas, se recomienda especies nativas de la zona como algarrobo, hualtaco, guayacán, zapote, palo santo, entre otras, y especies exóticas adaptables a las condiciones del área en estudio.

## **B. Clase F3**

Comprende tierras de calidad agrológica baja, apropiadas para la implantación o forestación de especies arbóreas de alto valor botánico, económico, medicinal e industrial, ya sea con fines de explotación o conservación de cuencas; pero con prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos. Sus limitaciones más importantes están referidas principalmente al factor topográfico; al edáfico y en menor intensidad el climático.

Dentro de esta Clase se ha determinado una (01) Sub Clase de Capacidad de Uso Mayor: F3se.

### **B.2. Sub Clase F3se**

Agrupar tierras de calidad agrológica baja, está integrada por suelos superficiales a moderadamente profundos, en fase por pendiente moderadamente empinada (15-25%); de textura media a fina; de reacción muy fuertemente ácida a ácida, y drenaje bueno a excesivo. Con severas limitaciones edáficas y topográficas.

Las tierras de esta Sub Clase se encuentran dispersas en la zona alta de la subcuenca San Francisco. Seguidamente se indica las limitaciones de uso, lineamientos de uso y manejo, y se indica las especies que podrían prosperar bajo las condiciones ecológicas del área de estudio.

- **Limitaciones de Uso**

Como limitaciones de uso más importantes destaca el factor edáfico, debido a la escasa profundidad efectiva que en el caso del área está limitado por un contacto lítico; la baja fertilidad natural por deficiencia de nutrientes, generalmente de nitrógeno y fósforo disponibles que limitan el rango de especies forestales nativas, o para aquellas especies exóticas comerciales, poco adaptables al medio y el factor topográfico, constituye otra limitación importante por la presencia de pendientes moderadamente empinadas que incrementan la susceptibilidad a la erosión, por el incremento de la escorrentía superficial, lo que determina que el potencial de erosión sea alto.

- **Lineamientos de Uso y Manejo**

Por las fuertes limitaciones existentes en estas tierras, solo pueden ser utilizadas para forestación y/o reforestación con especies maderables comerciales, bien adaptadas, sean nativas o exóticas, manejadas con técnicas silviculturales apropiadas. La reforestación constituye una práctica fundamental que debe ser ejecutada en forma permanente para la conservación y uso racional de los suelos, además de crear una fuente de producción de madera para diversos usos, lo cual significaría un ingreso

económico seguro para el productor local; aparte de contribuir a la conservación de suelos de ladera contra los agentes erosivos.

#### ■ **Especies Recomendables**

De acuerdo a las condiciones de clima de la zona las especies más adaptables a estas condiciones serían el “algarrobo” (*Prosopis pallida*), el “zapote” (*Capparis scabrida*), el “hualtaco” (*Loxopterigium huasango*), el “mata burro” (*Parkinsonia aculeata*), el “faique” (*Acacia macracantha*), el “guayacan” (*Tabebuia cryantha*), el “amarillo” (*Centrolobium achroxylon*), el “palo verde” (*Cercidium parecox*).

### **Tierras de Protección (x)**

Incluye aquellas tierras con limitaciones edáficas, climáticas y topográficas extremas que las hacen inapropiadas para la explotación agropecuaria y forestal, quedando relegadas para otros propósitos, como por ejemplo áreas de recreación, zonas de protección de vida silvestre, plantaciones forestales con fines de protección de cuencas, lugares de belleza escénica.

Dentro de este grupo, no se considera Clases ni Sub Clases de Capacidad de Uso Mayor, pero por razones prácticas se estima necesario presentar el tipo de limitación que restringen su uso, mediante la representación de letras minúsculas que indican la o las limitaciones existentes, que acompañan al símbolo de las tierras de protección (X). Se ha determinado la siguientes Unidades de Tierras de Protección: Xse y Xs.

#### **A. Unidad Xse**

Se encuentra conformada por aquellos suelos mayormente de topografía fuertemente empinada a extremadamente empinada o escarpada, comprende suelos esqueléticos, lechos o cauces de ríos y quebradas, suelos muy superficiales, áreas con severos problemas de erosión hídrica como cárcavas, surcos, “bad lands”; suelos con abundante gravosidad, pedregosidad, rocosidad y/o la presencia de un contacto lítico que limita la profundidad efectiva y el volumen útil del suelo, principalmente.

Esta unidad de Tierras de Protección generalmente esta asociada a la topografía accidentada en fase por pendiente empinada a extremadamente empinada (25 + 75 %); pero también comprende aquellas áreas de topografía más suave sin cobertura vegetal o con una escasa o esporádica cubierta vegetal, donde existe un dinámico proceso erosivo: laminar, arroyadas, canículas, surcos y en casos extremos cárcavas y “bad lands”.

Esta unidad de tierras de protección se encuentra localizada en la parte alta, en la cabecera de cuenca del área de interés de la subcuenca San Francisco.

#### **B. Unidad Xs**

Está conformada por suelos cuya clase textural es de arenas a suelos francos, en fase por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente inclinada (2 - 8%); con bajo nivel de fertilidad, condiciones físicas y químicas desfavorables para el crecimiento de los cultivos y déficit permanente de agua.

Estas tierras se encuentran situadas en las zonas hiperáridas de la subcuenca San Francisco

### **3.6.5 Explicación del Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras**

El Mapas N° 9, denominado "Mapa de Capacidad de Uso Mayor" elaborado a la escala 1:25 000, en escala de publicación de 1:50 000, suministra una información de carácter práctico, netamente interpretativa, basada en la aptitud natural que poseen las Tierras para soportar sosteniblemente un determinado uso, sea agrícola, pastoreo, forestal y/o protección, y muestra la distribución espacial de las diferentes unidades de Capacidad de Uso Mayor determinadas de acuerdo con la información ecológica, topográfica y Mapa de Tierras del Perú a escala 1:1 000 000, el Mapa Planimétrico del Perú a escala 1:250 000 y el Reglamento del Sistema de Clasificación de Tierras del Perú.

El Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las áreas de interés en la cuenca del río Piura, aparte del cuadro de Signos Convencionales, contiene además las leyendas: Superficie de las Tierras según su Capacidad de Uso Mayor, a nivel de Sub Clase, Clase y Grupo, en hectáreas (ha) y porcentaje (%); y la Leyenda de las Unidades Cartografiadas en unidades no asociadas y unidades asociadas; además se presenta la leyenda de los Rangos de Fases por pendiente.

Las unidades de Capacidad de Uso Mayor determinadas a nivel de Sub Clase, han sido cartografiadas en unidades no asociadas y unidades asociadas, éstas últimas conformadas por dos (02) Sub Clases de Capacidad, definidas de acuerdo con la topografía y pendiente del terreno, donde para resaltar su predominancia o deficiencia de participación de cada Sub Clase, se les ha asignado a cada uno de ellos, sus respectivos porcentajes (%) de participación en las diferentes unidades de Capacidad de Uso cartografiadas en el Mapa.

La presentación de las diferentes Unidades de Capacidad de Uso determinados a nivel de Sub Clases está representada mediante un símbolo alfa numérico, donde la primera letra mayúscula (A, C, P, F o X) indica el Grupo de Capacidad (Cultivo en Limpio, Cultivo Permanente, Pastoreo, Producción Forestal o Protección), seguida por un número arábigo (1, 2 ó 3), que indica la Clase (Alta, Media o Baja), seguida a continuación por uno, dos, tres o cuatro letras minúsculas (s, e, l, w), que indica las limitaciones o deficiencias de uso, que definen a la Sub Clase (suelo, erosión, salinidad y mal drenaje).

## **3.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA**

### **3.7.1 Generalidades**

De acuerdo con el estudio de vulnerabilidad física de la cuenca del río Piura, se han definido tres áreas de interés: Subcuenca del Bajo Piura, Subcuenca del Yapatara y Subcuenca del río San Francisco. El estudio del uso del territorio en estas áreas, realizado como parte del diagnóstico de los recursos naturales para determinar la sensibilidad física de ellas; comprende la diferenciación de las diversas formas de utilización de la tierra, con referencia especial a la agrícola, por ser la que tiene mayor presencia en dichas zonas e involucrar a gran parte de su población rural.

En la Subcuenca del río San Francisco, la agricultura constituye el principal aprovechamiento de los recursos naturales, con una gran diversificación de productos dependientes del clima y factores propios de la actividad económica local. En general las tierras son sometidas a diferentes presiones de uso que ocasionan su degradación constante, la cual se ve incrementada por eventos climáticos especiales como el “Fenómeno del Niño”.

Las condiciones climáticas en la subcuenca del río San Francisco son diversas, éstas varían desde ambientes semiáridos en el desierto hasta subhúmedos en la parte alta de la Subcuenca, presentándose condiciones diversas que pueden o no favorecer el desarrollo de los diferentes usos que se vienen haciendo del recurso tierra. Es notorio y destacable las variaciones climáticas que ocurren en la zona, especialmente con la precipitación ocurriendo años muy húmedos como también muy secos y que hasta el momento es difícil determinar su período cíclico que permita adaptar las actividades productivas a estas variaciones.

Para amenguar los efectos de degradación es necesario conocer los tipos de uso desarrollados y la adaptabilidad de estos al medio, de tal manera de poder determinar anomalías o conflictos de uso, que al ser corregidos, permitirán mejorar los procesos de producción, elevar los retornos económicos y establecer la relación de ésta con la sensibilidad física de la subcuenca.

### 3.7.2 Objetivo

Determinar y evaluar las clases de uso actual de las tierras predominantes en la subcuenca del río San Francisco, componente indicativo del estado en que se encuentran los recursos naturales respecto a su potencial, necesarios para determinar la sensibilidad física de la subcuenca.

### 3.7.3 Métodos

#### a. Método utilizado

El método empleado para la clasificación de las unidades de uso del territorio se rige según los criterios establecidos por la Unión Geográfica Internacional (UGI), previamente adaptado a las características de nuestro medio e interés del estudio, detallando diversas ocupaciones en la tierra y magnitud de las mismas.

El estudio del uso del territorio fue realizado en tres etapas: pre-gabinete, campo y final de gabinete, resaltando en ellas las siguientes actividades:

- Fotointerpretación analógica de imágenes de satélite LANDSAT-TM a escala 1:25 000 para la determinación de las unidades de uso del territorio;
- Elaboración del mapa preliminar de uso del territorio a escala 1:50 000.
- Planificación de la etapa de campo; definición de áreas muestras para el desplazamiento y verificación de las unidades de uso de la tierra.
- Toma directa de información agraria a través de entrevistas a los habitantes, campesinos o autoridades, entes directamente involucrados con la ocupación del terreno.
- Recopilación de información de interés para el estudio a través de las oficinas agrarias: Agencias agrarias, PRONAMACHCS y AACUECHP.

- Reinterpretación analógica de imágenes de satélite (reajuste de unidades),
- Procesamiento de los datos del uso de la tierra obtenidos.

#### b. Categorías del Uso Actual de la Tierra

De acuerdo con los objetivos del Proyecto, los diferentes usos de la tierra en la Subcuenca del San Francisco han sido subdivididos en tres categorías: Clase, Tipo y Subtipo. A nivel de Clase se han identificado cuatro Clases: Agrícola, Pecuario, Forestal y Poblacional, esta también incluye en Otros el Sin Uso o no productivo. Las clases, a su vez, son subdivididas en Tipos de Uso que representan la intensidad o modalidad de uso y la presión que estos ejercen sobre cada unidad de tierra. Los Subtipos de Uso son determinados de acuerdo con características específicas tal como: la influencia del clima (temperatura) en la agricultura, o la disponibilidad de humedad en el suelo en relación con el crecimiento de los pastos, o la influencia del hombre al introducir actividades de mejoramiento de cada uno de estos usos tal como: La reforestación o cultivos de pastos.

En la zona de estudio se han diferenciado las siguientes Clases, Tipos y Sub-tipos de Uso del Territorio:

CLASE DE USO	TIPO DE USO	SUB TIPO DE USO
Agrícola	Cultivos Extensivos	Arroz
	Cultivos Fraccionados	Zona Cálida
		Zona Templada
	Frutales permanentes y/o	Cultivo de Mango
		Cultivo de Limón
	Terrenos Descanso en	
Pecuario	Extensivo	Pastoreo Temporal
		Pastos Cultivados
Forestal	Leñoso	Siempre Verdes en
		Riberas de ríos
		Caducifolios en Sabanas
		Caducifolios en la cuenca media
Poblacional	Centros Poblados	
Otros	Sin Uso y/o improductivas	Inundables

### 3.7.4 Unidades de Uso Actual de la Tierra

El estudio de la situación actual del uso del territorio en la subcuenca del río San Francisco realizado sobre la base del análisis e interpretación de imágenes de satélite LANDSAT-TM y el chequeo en campo de las unidades obtenidas, ha permitido la diferenciación de cinco clases de uso: **Agrícola, pecuario, forestal y poblacional** (urbano y rural) y la denominada **Otro** que involucra a tierras de menor extensión, pero igualmente significativo con respecto a la sensibilidad física de la Subcuenca.

Las actividades agrícola y pecuaria son las predominantes en la subcuenca, presentando la primera grandes diferencias en la intensidad de uso, condicionada en diferente grado por el factor climático, ya sea por la disponibilidad de agua (uso temporal) o por la disminución de la temperatura con el incremento de la altitud (presencia de heladas), también por su proximidad a los mercados.

#### Descripción de las Unidades de Uso Actual de la Tierra

A continuación se describen cada una de las clases de uso de la tierra identificadas en la Subcuenca, en ellas se resalta las principales características que las diferencian en sus diferentes categorías de clase, tipo y subtipo. La superficie que abarcan se presenta en el cuadro N° 14.

**Cuadro N° 14**  
Superficie de las unidades de uso de la tierra

CLASE	TIPO	SUBTIPO	SIMBOLO	PROPORCION	SUPERFICIE	
					ha	%
<b>UNIDADES NO ASOCIADAS</b>						
USO AGRICOLA	CULTIVOS EXTENSIVOS	CULTIVOS DE ARROZ	Ar	100	2 543.85	5.54
		ZONA CALIDA	CFc	100	26.51	0.06
	CULTIVOS FRACCIONADOS	ZONA TEMPLADA	CFt	100	101.06	0.22
		CULTIVOS DE FRUTALES	CULTIVO DE MANGO	Mg	100	812.41
		CULTIVO DE LIMON	Lm	100	40.17	0.09
	TERRENOS EN DESCANSO		TD	100	200.26	0.44
USO PECUARIO	EXTENSIVO	PASTOREO TEMPORAL	PT	100	14 518.69	31.60
USO FORESTAL	LEÑOSO	SIEMPRE VERDES EN RIBERAS DE RIOS	FLv	100	818.52	1.78
		CADUCIFOLIOS Y SIEMPRE VERDES EN SABANAS	FLs	100	263.83	0.57
		CADUCIFOLIOS EN LA CUENCA MEDIA	FLc	100	6 001.04	13.07
OTROS	RIOS		R	100	100.79	0.22
<b>SUB-TOTAL</b>					<b>25 427.13</b>	<b>55.36</b>
<b>UNIDADES ASOCIADAS</b>						
CULTIVOS DE ARROZ - TERRENOS EN DESCANSO			Ar-TD	70 - 30	7 665.74	16.69
CULTIVOS FRACCIONADOS ZONA CALIDA - TERRENOS EN DESCANSO			CFc-TD		2 604.95	5.67
CULTIVOS FRACCIONADOS ZONA TEMPLADA - PASTOS CULTIVADOS			CFt-Pcu	50 - 50	1 303.76	2.84
CULTIVOS DE FRUTALES (MANGO Y LIMON)			Mg-Lm		85.53	0.19
PASTOREO TEMPORAL - FORESTAL LEÑOSO DE CADUCIFOLIOS EN CUENCA MEDIA			PT-FLc	60 - 40	8 843.34	19.25
<b>SUB-TOTAL</b>					<b>20 503.32</b>	<b>44.64</b>
<b>TOTAL</b>					<b>45 930.45</b>	<b>100.00</b>

## A. Uso Agrícola

Es el uso que abarca la mayor extensión de la Subcuenca, extendiéndose a todo lo largo del valle del río San Francisco y de sus tributarios, en ambas márgenes desde Malingas hasta El Partidor. En la parte alta de la cuenca este uso se presenta en laderas de montaña de fuerte inclinación con pendientes, a veces superiores al 50%; en esta última, la actividad se torna peligrosa por la posibilidad de desestabilizar el equilibrio natural, ocurriendo el deterioro constante del suelo por erosión hídrica, lo cual se pone de manifiesto mediante la presencia de surcos, cárcavas y de deslizamientos o de movimiento en masa. Aquí es donde la actividad agrícola hace que el medio se torne sensible ante los fenómenos meteorológicos, sobre todo los eventuales como el del Fenómeno del Niño.

Para una mejor apreciación de la interacción de esta actividad con respecto al equilibrio del medio, el uso agrícola en la subcuenca se ha subdividido, de acuerdo con la intensidad del uso y el nivel tecnológico, en cuatro Tipos de Uso: **Cultivos Extensivos; Cultivos Fraccionados, Cultivo de Frutales y Terrenos en Descanso.**

Asimismo, estos son subdivididos de acuerdo con su distribución climática, en base a la adaptación de los cultivos o especies vegetales a las condiciones de temperatura y humedad del medio. En la agricultura la característica que más influye en esta distribución es la temperatura, mientras que la disponibilidad de humedad en el suelo no es determinante, en caso de presentarse déficit, esta puede ser suplida mediante el riego. Para otros tipos de uso, pecuario o forestal si son determinantes tanto la temperatura como la precipitación.

### A1. Cultivos Extensivos

Es el tipo de uso predominante en la zona baja de la subcuenca, en ambas márgenes del río San Francisco, con productos generalmente orientados a los principales mercados de la región: Piura, Morropón, Chulucanas y parte hacia Lima. Estos cuentan con mejores posibilidades para acceder a un mayor nivel tecnológico y capital; éste último, avalado por la propiedad de las tierras, interviniendo, principalmente, el financiamiento de la banca privada. Las tierras dedicadas a este tipo de uso ocupan los predios con extensiones mayores a 5 ha.

Las tierras que presentan este tipo de cultivos presentan dos campañas bien marcadas, la mayor se inicia en noviembre - diciembre hasta mayo - junio y la pequeña que se inicia en julio terminando en octubre. Debido a la escasez de agua de este año, esta última campaña se encuentra muy reducida y sólo se están cultivando las zonas en que se sembró arroz en la campaña anterior, aprovechando la humedad acumulada en el suelo.

En general los cultivos de estas zonas dependen de la aplicación de riego; estas tierras son afectadas en las épocas de sequía. En años normales de humedad predomina el cultivo de arroz; este año 2004, debido a la disminución del agua de riego se ha incrementado la superficie del cultivo de maíz, predominante, en la campaña chica. Es importante mencionar el cambio de uso que viene ocurriendo en la subcuenca, las parcelas de arroz vienen siendo sustituidas con frutales como consecuencia de un mercado externo atractivo y también por la falta de agua que se viene dando en la subcuenca.





**Foto N° 1**  
**Terreno en el que se cultiva arroz, ahora con cultivo de Mango. Charán Coposo San Francisco**

Climáticamente sólo se ha determinado un Subtipo, denominado Cultivo de Arroz.

#### ■ **Cultivo de Arroz**

Esta zona presenta adecuadas condiciones térmicas para el desarrollo de este cultivo; asimismo, la disponibilidad de humedad en años normales es buena por contar con el aporte de agua del reservorio San Lorenzo. En estas condiciones el agricultor obtiene dos cosechas al año, optando generalmente por el cultivo de maíz en la campaña chica, aunque puede sembrar: yuca, frijól de palo y otros.

En años secos como el de la presente evaluación, los terrenos con este cultivo disminuyen en superficie incrementándose las áreas en descanso. Si bien la zona presenta un relieve algo ondulado se han realizado trabajos de terráceo lo cual es índice de las posibilidades de inversión y la orientación que se pueda dar a esta en trabajos de conservación y uso sostenido de los recursos naturales. El nivel tecnológico de la zona es moderado a alto, cuenta con maquinaria agrícola y es común el uso de fertilizantes y pesticidas. Este último debe ser controlado si es que la subcuenca desea seguir introduciendo sus productos en el mercado exterior.

#### **A2. Cultivos Fraccionados**

En esta categoría están comprendidos los terrenos que presentan poca extensión, menores a 5 ha, y que no pueden ser individualizados para su representación cartográfica, comprenden un cuadro de cultivos diverso; generalmente, son de subsistencia e involucran a aquellos que no requieren de grandes volúmenes en los mercados en que son ofertados. Cuentan con un nivel tecnológico medio a bajo y ocupan los terrenos ubicados en zonas alejadas a los canales de irrigación y a los cauces o en las laderas de

montañas. Este tipo de uso caracteriza generalmente a la Pequeña Agricultura Tradicional.

En la zona cálida cuentan con riego que es muy limitado en épocas de sequía, mientras que en la zona fría y templada son conducidos en seco, aunque en algunos casos se hace uso del riego suplementario.

Este tipo de cultivos puede encontrarse a todo lo largo de la subcuenca, en los pisos ecológicos con condiciones climáticas adecuadas para la agricultura. Se han determinado dos subtipos de uso: Cultivos de zonas cálidas y cultivos de zonas templadas.

#### ■ **Cultivos de Zonas Cálidas**

Comprende a pequeñas extensiones de cultivos conducidos en la parte baja de la subcuenca por debajo de los 400 msnm, en áreas próximas a Nuevo Santa Rosa, Juan Velasco Alvarado, Monte Verde y Miraflores. Entre los principales tenemos: las hortalizas (tomate, ajo), maíz duro, sorgo, yuca, frijol de palo, frijol castilla.

Estos terrenos generalmente se presentan asociados a terrenos en descanso los que se encuentran en tal condición por carecer de agua o por la falta de capital de inversión.

Los productos obtenidos son de autoconsumo; a veces, los excedentes son colocados en los mercados locales. Esto, debido al poco volumen producido y a la dificultad para ser organizados en grupos mayores de comercialización y poder ingresar en otros mercados mayores.

#### **Foto N° 2**

**Terreno con cultivo de yuca, maíz y plátano.** (Miraflores Bajo)



### ■ Cultivos de Zonas Templadas

En la **zona templada**, parte Alta de la subcuenca, entre 1 000 y 2 500 msnm, se presenta una diversidad de cultivos adaptados a las condiciones climáticas de moderadas temperaturas y al riesgo de ocurrencia de heladas. Estos ocupan pequeños espacios en las laderas de montañas, cuyo cultivo va rotando continuamente para recuperar su fertilidad para la siguiente campaña.

La agricultura en estas zonas es tradicional, conducida con una asistencia técnica muy limitada, de productividad reducida y una descapitalización constante. Este tipo de agricultura se constituye en el más importante desde el punto de vista de la sensibilidad, por ocupar generalmente terrenos con pendientes fuertes, menores de 25%, no aptas para la agricultura.

Entre los principales cultivos tenemos: Maíz amiláceo, trigo, cebada, arveja grano, frijol, papa.

### A3. Cultivos de Frutales

Este tipo de uso agrícola se diferencia de los otros, por el carácter de crecimiento permanente de las especies que son implantadas; tal es el caso de los frutales y otras especies que permanecen por más de cuatro años en los terrenos. Con el manejo de estas especies no se somete al suelo a una continua disturbación, protegiéndolo de los efectos erosivos ocasionados por las lluvias.

### ■ Cultivo de Mango

Este es el principal frutal cultivado en la zona, distribuyéndose por debajo de los 200 msnm, con una superficie cultivada que se encuentra en pleno ascenso por la posibilidad creciente de ser ubicado en el mercado externo.

Gran parte de lo producido es destinado a los grandes mercados de las principales ciudades: Piura, Chiclayo, Lima. El otro mercado que aparece prometedor, como se dijo anteriormente es el externo, pero que para su crecimiento sostenido de participación requiere del apoyo del estado o de las entidades privadas.

### ■ Cultivo de Limón Sutil

Este es otro frutal cultivado en la zona, distribuyéndose por debajo de los 200 msnm, en los alrededores de Pueblo Libre, Totoral, Pueblo Nuevo de Tejedores, generalmente en áreas pequeñas y que por escala en algunos casos han sido representados asociados al cultivo del mango.

Gran parte de lo producido es destinado a los grandes mercados de las principales ciudades: Piura, Chiclayo, Lima. Otra parte de lo producido es destinado a la agroindustria para la producción de aceites esenciales; el cual es colocado principalmente en el mercado externo.

#### **A4. Terrenos en descanso**

En este tipo de uso se agrupan todos aquellos terrenos que son dejados de cultivar temporalmente por diferentes razones dependiendo de la zona en que se encuentren.

En la subcuenca alta los terrenos pasan a esta condición con la finalidad de que recuperen su fertilidad, ello depende de la disponibilidad de tierras de cada propietario, generalmente el período de descanso está entre 1 y 4 años.

En las zonas media y baja de la subcuenca, el descanso está dado, principalmente por la falta de agua, cuando la sequía es extrema pueden dejar de cultivar por un año o tan sólo en la campaña chica, dependiendo de los volúmenes almacenados en los reservorios, reguladores del recurso hídrico.

Al igual que en las otras áreas de interés, los terrenos que son dejados de cultivar temporalmente, han sido considerados en la condición de terrenos en descanso, sin embargo cabe resaltar que este “descanso” como tal no se da, ya que al mismo tiempo estos son sometidos al pastoreo de los residuos (rastros) o la vegetación (malezas) que desarrollan en estos. Por esta razón dichas tierras no son incluidas en la categoría de Terrenos sin Uso.

#### **B. Uso pecuario:**

Esta referida a las diferentes crías de ganado que se dan en la zona ya sea de tipo vacuno, caprino o equino entre los principales. La actividad pecuaria ha sido diferenciada por la disponibilidad de pastos dependientes de la disponibilidad de agua en el suelo, característica ligada a la intensidad de la precipitación en la zona; así tenemos la diferenciación de zonas subhúmedas y húmedas, donde predomina la presencia de praderas naturales permanentes, y en las zonas semiáridas y áridas las praderas temporales. Otra alternativa aunque no muy extensa está referida a los pastos cultivados, que también son aprovechados por consumo directo del ganado.

##### **B1. Pastoreo Extensivo**

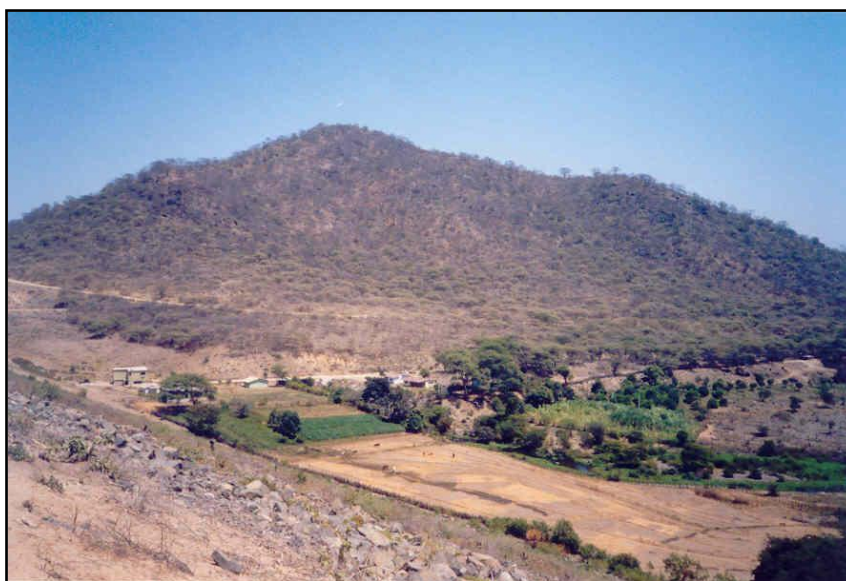
Es un tipo de pastoreo en el cual los animales son soltados en los campos libremente para su alimentación. Esta modalidad no permite el control del alimento, ocurriendo en muchos casos un exceso de consumo, que paulatinamente conduce al pasto hacia su deterioro “sobrepastoreo”; en otros casos se da un uso no eficiente y el pasto es pisoteado desperdiándose éste cuando es abundante. En ambas situaciones se requiere el apoyo técnico para hacer un uso sostenido del recurso.

De acuerdo con las condiciones climáticas y las clases de pasturas que se han desarrollado, el uso de estas puede ser clasificado en los siguientes subtipos: Pastoreo Temporal y Pastos Cultivados.

### ■ Pastoreo temporal

Este es un tipo de uso que se da en las zonas áridas de la Subcuenca por debajo de los 1 000 msnm y es realizada sobre la base de las especies o pasturas temporales que aparecen con las escasas lluvias veraniegas y que inmediatamente se evaporan por las altas temperaturas y la elevada insolación. Esta condición permite la práctica de un pastoreo temporal con ganado del tipo caprino y equino, estos complementan su alimentación mediante el “ramoneo” de especies forestales como el “algarrobo” y el “aromo”. Es necesario mencionar que estas zonas presentan vegetación arbórea de caducifolios y que el ganado se alimenta de la vegetación herbácea de piso.

En las zonas colinosas el paso continuo del ganado viene originando huellas denominadas “pisadas de vaca” que se transforman en cursos de erosión del suelo y que pueden ocasionar movimientos en masa; lo cual hace muy sensible estas zonas ante la ocurrencia de fenómenos extraordinarios de precipitación.



**Foto N° 3**

**En segundo plano se observa ladera de colina con vegetación arbórea caducifolia, presenta residuos de una vegetación herbácea de piso que es pastoreada temporalmente. Zona próxima al reservorio San Lorenzo.**

## ■ Pastos Cultivados

Este tipo de uso comprende a aquellas zonas en que se ha instalado pastos cultivados ya sea nativo “criollo” y el introducido como el pasto “elefante” o el “castilla”, ocupando terrenos anteriormente cultivados y donde la fertilidad de los suelos se encuentra en proceso de recuperación. En esta condición el pastoreo tampoco es conducido de manera eficiente, el pasto es consumido directamente por los animales.

Estos se distribuyen en la parte alta de la Subcuenca sobre los 1 000 msnm, en los alrededores de Huabal, Tejedores, las Cañitas y El Tunal, principalmente.

Ocupan superficies considerables presentándose en forma asociada a los cultivos fraccionados.

## C. Uso Forestal:

Otra clase de uso importante en la Subcuenca es el **Forestal**, mediante el aprovechamiento diversificado de las bondades que presenta la vegetación arbórea que cubre las laderas de montaña y colinas, especialmente el “algarrobo” en las partes bajas y especies del bosque seco: “pasayo”, “palo santo”, “overo” en la parte media y alta de la subcuenca del San Francisco. La explotación de estas especies se torna en una alternativa económica muy importante debido al crecimiento de la demanda de leña; la cual, se incrementa en las épocas de sequía. Esta clase de uso también adquiere importancia para los fines del estudio, en los bosques secos de colinas por su influencia directa en la conservación de la subcuenca y en la captación de la humedad atmosférica.

### A1. Leñoso

Este tipo de uso es bastante difundido en la subcuenca y abarca diferentes especies en cada uno de los pisos ecológicos, es una fuente energética ampliamente aprovechada por el poblador local para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, cuando interviene un agente de demanda externa de zonas urbanas se ejerce una presión mayor sobre este recurso ocasionando su deterioro paulatino.

A menor escala ocurre el uso de algunas especies para ser aserradas y utilizadas en la fabricación de muebles o en la elaboración de cajones como envase para el transporte de frutas.

Este ha sido subdividido en subtipos por el lugar en que se realiza, entre ellas tenemos: Caducifolios en Sabana, Caducifolios en la cuenca Media y Siempre Verdes en riberas de Ríos.

## ■ Caducifolios en Sabanas

El uso forestal leñoso en estas zonas es realizado sobre la base de una vegetación caracterizada por su baja densidad y composición florística, de apariencia achaparrada “tipo sabana”, donde existen mayormente especies espinosas siempre verdes, de porte bajo y de manera dispersa sobre el terreno.

Esta zona también presenta comunidades arbustivas o herbáceas que tapizan temporalmente al suelo en el período de lluvias, que es pastoreado temporalmente; por lo que en algunas áreas del mapa son representados de manera asociada.

La especie arbórea más abundante es el “algarrobo” y en menor proporción se presenta el “zapote”, “aromo” y el “palo verde”.

#### ■ **Caducifolios en la Cuenca Media**

Este subtipo de uso es realizado sobre bosques caducifolios que vienen desarrollando sobre colinas y en la parte basal de las laderas de montañas. Este se da en base a las siguientes especies: “pasallo” *Eriotheca ruizii*, “hualtaco” *Loxopterigium huasango*, “zapote” *Capparis angulata*, “palo verde” *Cercidium praecox*, “faique” *Acacia macracantha* y entre las arbustivas sobresalen el “overo” *Cordia lutea* y el “papelillo” *Bougainvillea pachyphylla*.

En esta zona la tala intensa de árboles tanto con fines de leña como de madera para la elaboración de cajones, pone en riesgo el equilibrio de este ecosistema (bosque seco), considerando su difícil regeneración.

#### ■ **Siempre Verdes en Riberas de Ríos**

En estas áreas se hace uso de especies de la vegetación natural adyacente a los principales cursos de agua, ríos, canales o drenes. El uso de los matorrales de estas zonas adquiere gran importancia si consideramos la función de estas especies en la estabilidad de los cauces, por lo que se requiere hacer un uso planificado y sostenido de estas. Entre las especies más frecuentes figura el “algarrobo” y con menor frecuencia a las siguientes: “caña de guayaquil”, “guásimo”, “overo”, “pájaro bobo”, etc.

También se debe considerar la importancia de estas áreas por que constituyen el lugar de refugio de la escasa fauna aérea y terrestre presente en el valle.

### **D. Uso Poblacional**

Este tipo de uso está referido a la ocupación del territorio, ya sea en forma concentrada (urbanizaciones) o en forma dispersa (caseríos o casas individuales). En la subcuenca sólo se ha identificado a los Centros Poblados Rurales.

#### **D1. Centros Poblados Rurales**

Comprende las agrupaciones menores de habitantes de la subcuenca que no presentan los servicios a que acceden los pobladores en los centros urbanos, siendo su ocupación del territorio casi dispersa.

Esta población es la encargada del trabajo agrícola y pecuario en la subcuenca, constituyéndose en entes de motivación para la conservación de los recursos en la subcuenca.

Presentan una migración interna desde los caseríos rurales hacia los centros urbanos provinciales o distritales, atraídos por una mejor oportunidad económica.

Entre los principales tenemos: Las Mónicas, El Carbón, Pueblo Libre, Malingas, Pueblo Nuevo, Totoral, Bello Horizonte, Santa Rosa de Yarancha, Cruceta, San Isidro, Nueva Esperanza, Miraflores, Carrizo, Huabal, Tunal, entre otros.

## **F. Otros Usos**

### **F1. Terrenos sin Uso**

Las áreas clasificadas en la categoría sin uso, comprenden las tierras ubicadas en zonas con características desfavorables para el desarrollo de alguna actividad de las descritas anteriormente. En la subcuenca dentro de esta categoría sólo se está presentando el río San Francisco que se comporta como un gran dren natural para las zonas irrigadas.

#### **3.7.5 Calendario de Cultivos**

Dependiendo de la zona en que se distribuyen: zonas cálida o templada, se presentan diferentes épocas de siembra dependiendo de la disponibilidad de agua y de la temperatura.

##### **a. Zona Cálida**

En esta zona por debajo de los 400 msnm, tenemos la presencia de dos campañas “grande” y “chica” para los cultivos anuales. La siembra en la campaña grande se inicia en el mes de enero con el cultivo del arroz, principalmente.

La campaña denominada “chica” comienza en julio con los cultivos de maíz amarillo, hortalizas, yuca y menestras; esta campaña depende en gran parte de la disponibilidad de agua, este año 2004, la campaña chica se encuentra muy limitada por la poca disponibilidad de agua.

Los cultivos de frutales que por sus características tienen un crecimiento permanente cuentan con riego; ellos son los más afectados en tiempos de sequía.



**Gráfico N° 3**

Calendario de cultivos zona calida

CULTIVO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>CAMPAÑA GRANDE</b>												
Arroz												
Maíz amarillo												
Hortalizas												
Frutales (Mango, limón sutil, plátano)												
<b>CAMPAÑA CHICA</b>												
Maíz amarillo												
Menestras (Frijol caupí, frijol de palo, frijol grano)												
Yuca												
Hortalizas (Tomate, otros)												

**b. Zona Templada**

En la subcuenca esta se presenta entre los 1 000 y 2 500 msnm, las siembras comienzan en el mes de setiembre, mientras que las cosechas se dan en marzo; en este caso dependen de las bajas temperaturas (heladas). Entre 1 000 y 2 500 msnm, requieren de riego complementario; estos terrenos entran en un período de descanso entre abril y agosto.

**Gráfico N° 4**

Calendario de cultivos zona templada

CULTIVO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Maíz amiláceo												
Arveja grano												
Frijol grano												
Hortalizas (Ajo, otras)												
Frutales (Chirimoya, plátano, caña)												
Pastos Cultivados (Elefante, castilla)												

### 3.7.6 Sectorización de la Superficie Cultivada

En la subcuenca del río San Francisco, la sectorización del área agrícola puede ser realizada considerando diferentes criterios, uno de ellos es el comportamiento de las tierras frente a la ocurrencia de eventos climáticos especiales como el del fenómeno del Niño, para ello podemos aprovechar la adaptación de los cultivos a las condiciones naturales de temperatura y humedad principalmente; así tenemos cultivos de la zona cálida, templada y fría. Cada una con limitaciones propias que se pone de manifiesto en la capacidad de inversión del agricultor, el cual busca evitar riesgos económicos y también un alto retorno económico de la actividad.

#### a. Cultivos de la Zona Cálida

La zona cálida determinada por debajo de los 500 msnm, es la de mayor riesgo ante las variaciones climáticas; no obstante, en ella encontramos el uso más intenso de las tierras en la subcuenca, el nivel tecnológico es el más alto, cuenta con un uso continuo de pesticidas, fertilizantes, riego permanente, mercado seguro e infraestructura vial adecuada.

En esta zona las áreas cultivadas se encuentran en planicies donde los problemas de erosión hídrica son mínimos, se presenta una degradación de la fertilidad que es compensada por el uso de enmiendas orgánicas y fertilizantes.

Por su ubicación inferior en la subcuenca esta zona es la que presenta el mayor riesgo ante el fenómeno del niño, siendo afectada por los dos extremos: presencia de inundaciones que compromete los terrenos agrícolas ya sea por desborde del río San Francisco o el río Piura que en la desembocadura del anterior se torna dinámico ocasionando problemas de erosión lateral. En temporada de sequía la escasez de agua obliga al cambio de uso muchas veces a terrenos en descanso.

#### b. Cultivos de la Zona Templada

En esta zona, entre 1 000 y 2 500 msnm, encontramos una agricultura de condición tecnológica media a baja, de moderado riesgo por las condiciones climáticas, especialmente las bajas temperaturas; no cuentan con riego permanente, en general son conducidas en secano. El alcance a técnicas agrícolas: uso de pesticidas, fertilizantes, semilla certificada, maquinaria agrícola, es baja. Se presentan dificultades para acceder a los mercados, tanto por la distancia como por el estado de las vías. En esta zona los terrenos cultivados son de pequeña extensión, caracterizando un minifundio que no le permite al agricultor una participación directa en mercados externos, dependiendo del acopiador; el cual maneja los precios, propiciando un retorno económico mínimo al agricultor, sólo de subsistencia. Presenta rendimientos bajos y es complementada con el pastoreo de vacunos y ovinos en pastizales de gramíneas.

La agricultura en estas zonas es de alto riesgo por encontrarse en laderas de montaña o en pequeñas terrazas de deslizamiento ahora estabilizadas. En un evento climático especial la zona es afectada de forma moderada, el déficit de agua es menor.}

### 3.7.7 Unidades de Sensibilidad y Uso Actual de la Tierra

#### Determinación de los indicadores de sensibilidad

##### a. Criterios para la determinación de indicadores de sensibilidad

Entre los criterios ha ser utilizados para definir los indicadores de sensibilidad en el uso actual de la tierra en la subcuenca del San Francisco, teniendo en cuenta que este es un tema que describe la forma y condición en que vienen siendo utilizados los recursos naturales, se ha considerado:

- Dimensionalidad: característica que le permite ser medible tanto cuantitativamente (extensión) o cualitativamente cuando es afectado uno de sus componentes. Esto le permitirá actuar comparativamente en el procesamiento SIG.
- Claridad: Deberían estar definidos expresamente, tener solidez científica y ser de fácil comprensión.
- Flexibilidad: Ser aplicados a toda clase de uso y a diferentes ámbitos de la subcuenca.
- Factibilidad: Estar basados en la rápida disponibilidad de datos y/o también deberán ser fácilmente mensurables por medio de técnicas disponibles.
- Aplicabilidad: Ser medidos en forma práctica, que no requieran excesiva carga de trabajo administrativo y de bajo costo efectivo.

##### b. Indicadores de Sensibilidad

###### ■ Disminución del Área Agrícola:

El fenómeno del niño acarrea consigo problemas de inundación o anegamiento en las tierras bajas afectando los cultivos. En general los terrenos aledaños a los cauces son afectados por una erosión lateral que disminuye su extensión, convirtiéndolos a estos en parte de su cauce.

###### ■ Cambio de Uso:

Se ha determinado que en un escenario de variación climática donde ocurren problemas de sequía, el agricultor hace variar los cultivos; así tenemos que las áreas con arroz disminuyen y se incrementa el área sembrada con frutales (mango) o los terrenos en descanso.

###### ■ Disminución de rendimientos:

Las alteraciones del medio producirán repercusiones en el desarrollo de los cultivos o las especies vegetales, ocasionando la disminución en su crecimiento cuando este le es adverso.

**Cuadro Nº 15**  
Sensibilidad física del uso de la tierra.

SENSIBILIDAD / FACTORES	MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA	
<b>USO AGRICOLA</b>	-----		Cultivos fraccionados zona templada  Pastos cultivados	<b>8</b>	Cultivos fraccionados zona cálida  Terrenos en descanso  Cultivo de arroz- Terrenos en descanso	<b>5</b>	Cultivo de arroz,  Frutales mango, limón	<b>2</b>
<b>USO PECUARIO</b>	-----	<b>7</b>	Pastoreo extensivo temporal  Pastoreo extensivo temporal- Leñoso en caducifolios de la cuenca media	<b>8</b>	-----		-----	
<b>USO FORESTAL</b>	Leñoso de siempre verdes en Riberas	<b>4</b>	Leñoso de caducifolios en sabanas	<b>8</b>	Leñoso en caducifolios de la cuenca media			<b>3</b>
<b>OTROS</b>	Centros poblados rurales	<b>6</b>	-----		-----		-----	

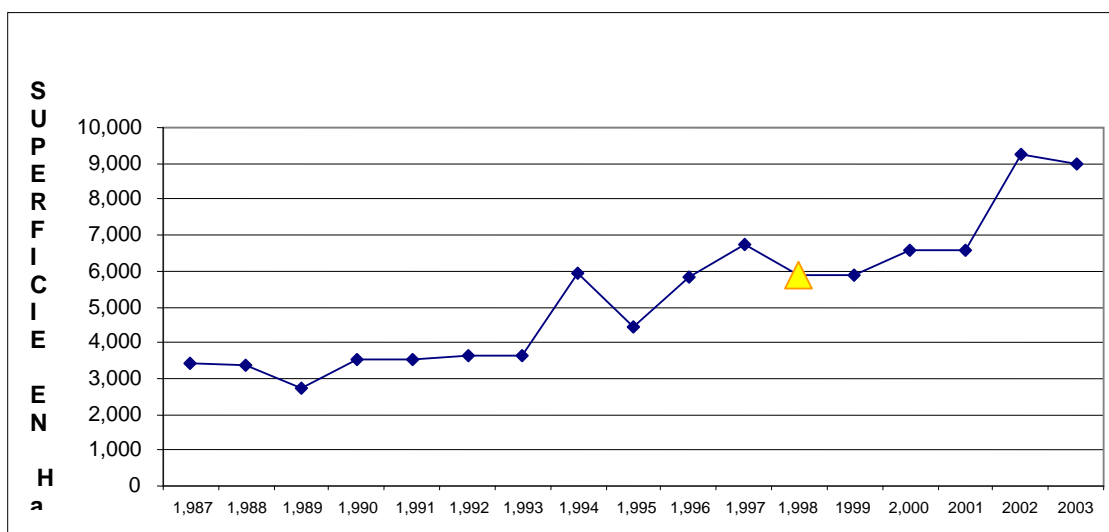
### 3.8 VULNERABILIDAD ACTUAL DE LOS CULTIVOS DEL AREA DE INTERES SAN FRANCISCO

En esta zona de interés se encuentran las plantaciones frutícolas de mango y limón con mayor nivel de **tecnificación, además de ser también importante el cultivo de arroz.**

#### a. El cultivo de mango

La superficie del cultivo de mango tiene una tendencia creciente, el fenómeno del Niño del año 97-98, no ha sido motivo para que disminuya el área sembrada, al contrario se sigue incrementado debido a la gran demanda de exportación que existe por la buena producción y calidad de mangos que se producen en Piura, particularmente en la zona de Tambo Grande (Grafico 5).

**Grafico 5**  
Superficie cultivada de mango en Piura

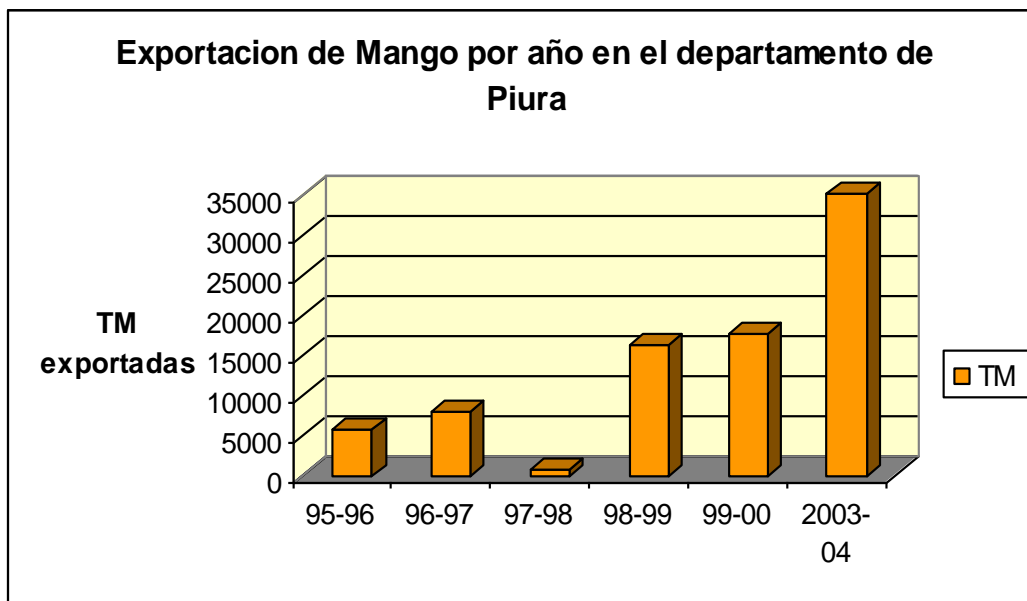


Fuente: MINAG – OIA- Piura, 2004

Este cultivo es el mas importante producto de las exportaciones agrícolas de Piura, se puede observar en el grafico 15 y 16 que se ha incrementado de manera significativa estos 10 últimos años se ha pasado de las 5000 TM exportadas el 1995 a 35 000 TM en la campaña 2003-2004.

**Grafico 6**

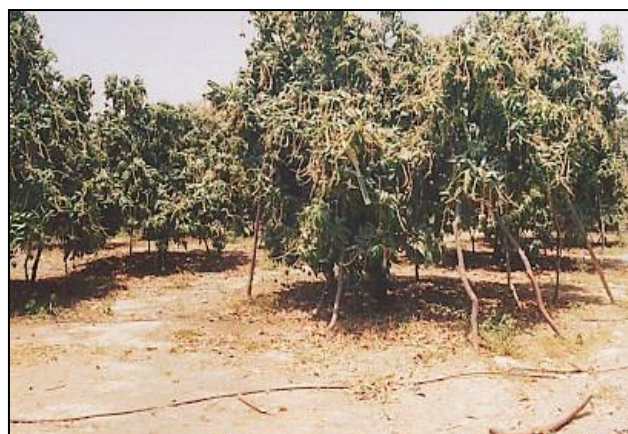
Exportación de Mango por año en el departamento de Piura



Fuente: SENASA- PIURA  
Elaboración INRENA-OGATEIRN, 2005

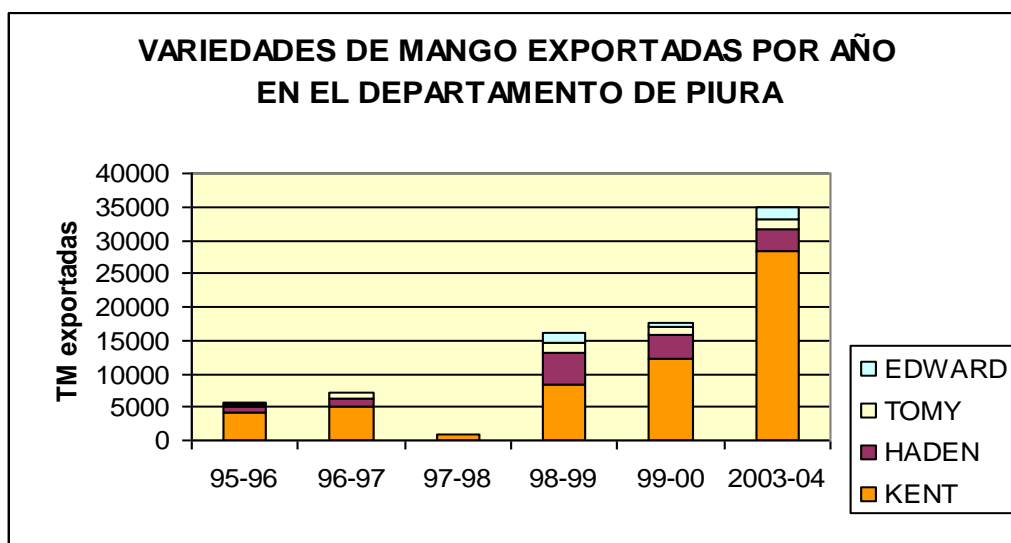
**Fotos. 4 y5**

Mango de exportación – Malingas (Tambo Grande) – sub. Cuenca San Francisco) RIEGO TECNIFICADO



**Grafico 7**

Variedades de mango exportadas por año en el departamento de Piura.

**Foto 6.**

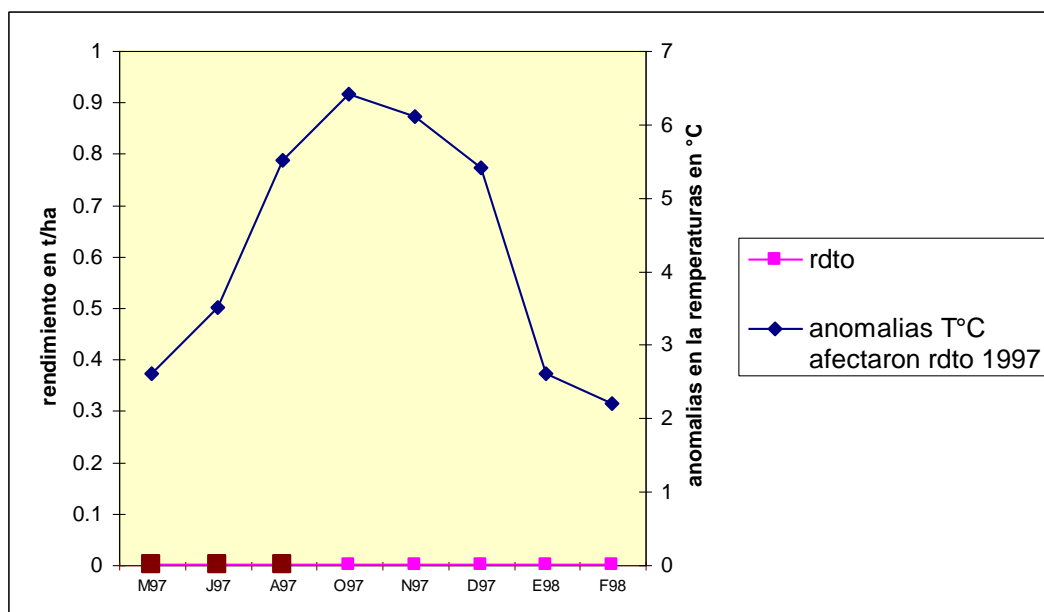
Variedad kent en Malingas – Sub Cuenca San Francisco – Tambo Grande



Este cultivo es muy sensible al cambio climático, como se puede apreciar en los gráficos 15 y 16 la producción exportable de mango en la campaña 97-98 se vio seriamente afectada, debido al incremento de la temperatura sobre lo normal en los meses de junio a Noviembre del año 1997, que afectó seriamente a la floración del mango, llegando prácticamente a eliminar por completo la producción. Sin embargo como en esta campaña las plantas no produjeron, mas las lluvias que cayeron en 1998, la cosecha del 98-99 fue muy buena y permitió la recuperación de la producción exportable, motivo por el cual este cultivo sigue siendo el de mayor expectativa en la zona.

También se aprecia en la foto 17 y grafico 16 que la variedad Kent es la mas importante, incluso es la única que dio cosecha durante el cambio climático registrado durante el fenómeno del Niño de 1998. Las anomalías térmicas registradas en este evento se muestran en el grafico 18, donde se aprecia que ocurrió incrementos mayores de 5°C lo que provoca la Tropicalización de los cultivos o un crecimiento solo vegetativo, con el perjuicio serio a la floración y producción (grafico 8)

**Grafico 8**  
**Efecto del incremento de la temperatura del aire en más de 5° C en el pre Niño 1997**

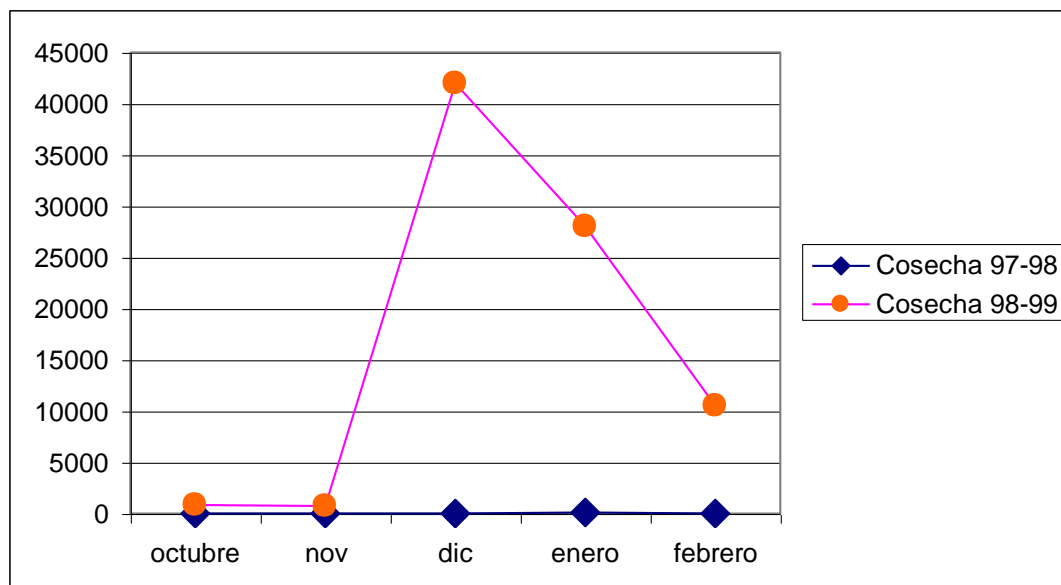


SENAIM, 1988



**Grafico 9**

Daños en la producción de mango en la campaña 97-98 por incremento en la temperatura más de 5°C de lo normal



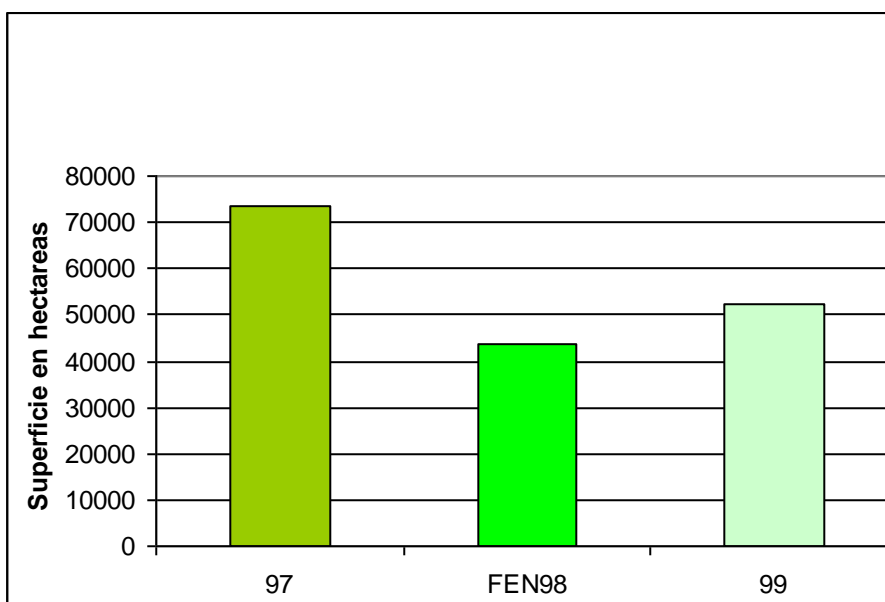
Fuente: MINAG – OIA- Piura, 2004

**b. El cultivo de limón**

Este cultivo también es de gran importancia en Tambo Grande, incluso produce más y tiene mayor área que Chulucanas, donde se inicio su cultivo.

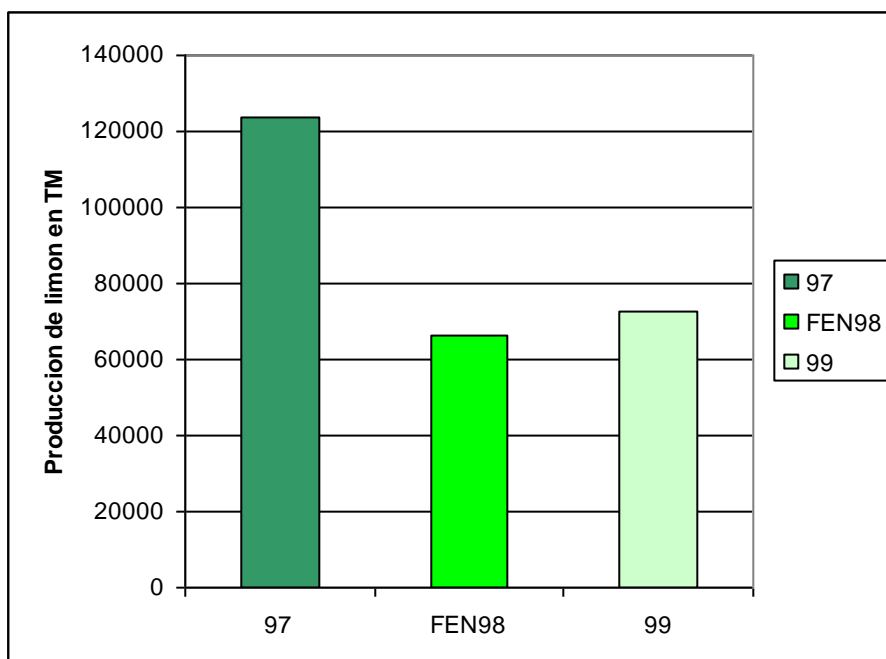
En esta zona de la Subcuenca San Francisco los daños en la producción del cultivo de limón (gráficos 20 y 21) fueron mayores que en la zona de Chulucanas porque aquí se registraron las lluvias mas extremas ocurridas durante el FEN 98, este ocasiono daños a la floración y por lo tanto caída de frutos y menor producción. Sin embargo por tener la capacidad de tener varias floraciones durante el año se puede adaptar y recuperar. Por lo que este cultivo ha sido considerado como de VULNERABILIDAD MEDIA al cambio climático.

**Grafico 10**  
Superficie de limón cosechada en hectáreas en San Lorenzo



Fuente: MINAG – OIA- Piura,2004

**Grafico 11**  
Producción de limón en TM en San Lorenzo

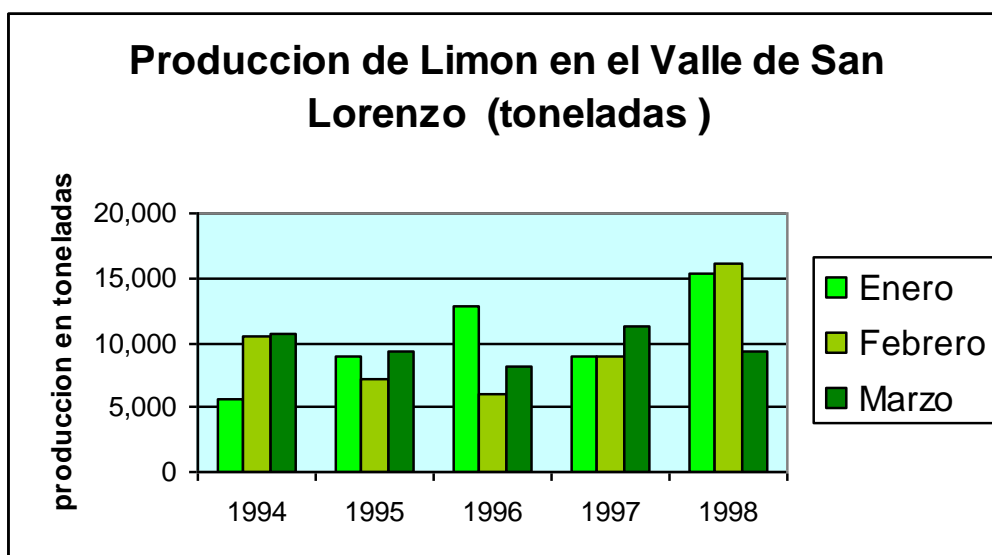


Fuente: MINAG – OIA- Piura,2004

Las principales cosechas de limón son las de verano, que a veces ocasionan un baja de precio en la zona. (Grafico 12).

**Grafico 12.**

Producción de Limón en el Valle de San Lorenzo (toneladas)



Fuente: MINAG – OIA- Piura, 2004

En la Actualidad La Asociación de Productores de Limón de Piura iniciará el **proyecto Prolimón**, con miras a la exportación de 40 mil toneladas anuales de este producto a los Estados Unidos. El proyecto contempla capacitación en organización, producción, manipuleo y empaque de este producto cítrico. Asimismo, comprende la construcción de un centro de acopio para almacenar el limón, y la implementación de una planta de pectina, materia prima de usos industriales con demanda en el extranjero. El proyecto fue elaborado por el Instituto de Producción de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura (UNP), por encargo de la Asociación de Productores de Limón. La Asociación de Productores de Limón de los valles San Lorenzo y Tambogrande agrupa a 40 agricultores que trabajan 22 mil hectáreas productivas.

Las plantaciones en esta zona se encuentran con un nivel de tecnología mejor que en Chulucanas.

El Volumen de agua que se requiere por campaña es de 12 000 a 14 000 m<sup>3</sup>/ha.

### C. El cultivo de arroz

Este cultivo ocupa una gran área en la subcuenca San Francisco, utilizando el agua que proporciona el reservorio de San Lorenzo, son muy buenos suelos, los cuales deberían cambiar su vocación de uso a favor de cultivos frutícolas, por las condiciones excepcionales para el desarrollo de la fruticultura (foto 18).

#### **Foto 18**

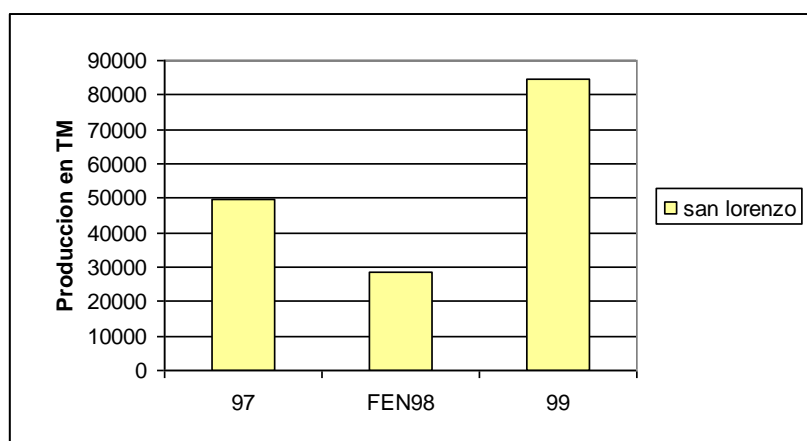
San Francisco – distrito Tambo Grande  
En el futuro deberán sembrarse FRUTALES



El efecto del cambio climático ocasionado por el Fenómeno del Niño de 1998 en la producción se observa en el grafico 13, donde se aprecia que la producción de arroz también se vio afectada por que en esta zona cayeron las lluvias mas intensas registradas en el evento extraordinario del niño de 1998.

#### **Grafico 13**

Producción de arroz en TM en San Lorenzo



## CAPITULO IV

### IV VULNERABILIDAD FISICA NATURAL ACTUAL EN AREA DE INTERÉS SUB-CUENCA SAN FRANCISCO

#### 4.1 GENERALIDADES

El diagnóstico y la evaluación del potencial de los recursos naturales renovables comparada con la problemática de su uso, es representada mediante integración de los aspectos temáticos estudiados en el área de interés, lo cual se constituye en el principal soporte técnico en la determinación del grado de vulnerabilidad de las tierras.

Mediante este proceso se determina unidades territoriales homogéneas, en base a la integración sistemática de la información obtenida del diagnóstico, por áreas temáticas, de los recursos naturales referidos a la geología, geomorfología, características climáticas, suelos, capacidad de uso, hidrología y uso del territorio.

La definición y aplicación de criterios, ha permitido el establecimiento de modelos, a partir de los cuales se definen los lineamientos de protección y aprovechamiento de los recursos naturales. El modelo de vulnerabilidad, constituye una herramienta fundamental en la elaboración de planes y programas para la conservación y protección de los recursos naturales en el área de estudio.

En el presente capítulo se propone el Modelo de Vulnerabilidad para la Subcuenca San Francisco. Las Unidades de Vulnerabilidad están cartografiadas en el Mapa correspondiente, donde se analiza cada Unidad y se proponen los lineamientos de uso, manejo y conservación correspondientes.

El Modelo representa los diferentes grados de capacidad de resistencia de los ecosistemas a los procesos geodinámicos naturales o a aquellos inducidos por las actividades del hombre. En su elaboración considera condiciones naturales como: sensibilidad geológica – geomorfológica, sensibilidad hidrológica y conflictos de uso, condiciones climáticas, y el factor antrópico Uso de la Tierra.

Para elaborar el Modelo de Vulnerabilidad ha sido necesaria, como fase previa, el análisis de aspectos temáticos y los mapas correspondientes como: Clima y zonas de vida, Geología, Geomorfología, Hidrología, Uso Actual de la tierra, Suelos, Capacidad de Uso Mayor, con los cuales se realiza el modelamiento en forma simultánea, obteniéndose zonas homogéneas mediante el Sistema de Información Geográfica diseñado a escala 1:25000. Las Unidades de Vulnerabilidad se califican en diferentes grados, presentándose como áreas vulnerables para el aprovechamiento y protección de los Recursos Naturales.

Los aspectos que se han considerado en el Sistema de Información Geográfica para la elaboración de este modelo son:

### Aspectos Físicos y Biológicos

- Hidrología
- Geología
- Geomorfología
- Suelos
- Capacidad de Uso Mayor de la Tierra

### Aspectos Climáticos

- Ecología - Zonas de Vida

### Aspectos Socioeconómicos

- Uso Actual de la Tierra.
- Conflictos de Uso del Territorio.

Se ha definido cuatro niveles con riesgo de Vulnerabilidad de las Tierras, entre las que podemos mencionar: Bajo, Medio, Alto y Muy Alto. A nivel de la subcuenca se encuentra los cuatro niveles, para los cuales se describe sus características generales y las recomendaciones de uso y manejo.

Las recomendaciones de uso y manejo están dirigidas, en los niveles bajos de vulnerabilidad, para mantener la estabilidad del ecosistema ante la intervención del factor humano, y en los niveles altos, para disminuir la vulnerabilidad e incrementar la estabilidad del ecosistema. En resumen podemos afirmar que teniendo en cuenta las unidades de vulnerabilidad podremos ejecutar obras de desarrollo o actividades productivas con el menor riesgo de impacto ambiental negativo al ecosistema y a la economía del área de estudio.

## 4.2 DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE SENSIBILIDAD

Los indicadores constituyen una herramienta de comunicación para informar sobre el estado de los Recursos Naturales y la Vulnerabilidad Física Natural de la Subcuenca San Francisco. Por ello, los indicadores responden a tres funciones principales: Simplificación, cuantificación, comunicación.

Los principios bajo los que se rigen los indicadores son los siguientes:

Los indicadores deben ser cuantificables y posibles de analizar en series temporales. Los indicadores deben reflejar la evolución en el tiempo, de forma que puedan analizarse para prevenir o corregir tendencias negativas.

El número de indicadores debe ser reducido. Los usuarios deben familiarizarse con su presentación y significado, para conseguir que sean fácilmente comprensibles por todos los agentes implicados.

Los indicadores deben estar relacionados con los objetivos. De esta manera los indicadores pasan a ser herramientas de gestión que permiten fijar responsabilidades a los agentes que intervienen en la formulación y aplicación de políticas.

Los indicadores ambientales, tomados en cuenta para el Estudio de la Vulnerabilidad de la Subcuenca San Francisco, se han estructurado en torno a tres categorías de indicadores:

■ **Indicadores básicos**

Se han establecido sobre la base de un modelo Presión – Estado - Respuesta, comprendiendo tanto el estado de los medios como de las presiones, impactos, fuerzas motrices y respuestas dadas por los diversos agentes. Estos indicadores han servido para la determinación del Diagnóstico de la Cuenca, el cual debe realizarse en forma periódica, cada 2, 4, 6, 8 años, dependiendo de la variabilidad climática.

Se puede citar los siguientes indicadores, cuadro N° 16.

En clima, Precipitación y Temperatura. En hidrología, Caudales y calidad de agua. En geomorfología, estabilidad de taludes y procesos de remoción en masa. En cobertura vegetal, Grado de cobertura, tipo de cobertura. En suelos, nivel de fertilidad de suelos, contaminación de suelos. Etc.

**Cuadro N° 16**  
**Indicadores básicos considerados para la determinación de la vulnerabilidad**

N°	TEMA DE ESTUDIO	INDICADORES
1	Clima y Zonas de Vida	Coeficiente de Variación de la Lluvia
		Coeficiente de Variación de Temperatura
2	Hidrología	Sensibilidad por Sequías
		Sensibilidad por Inundaciones
		Sensibilidad a la Erosión Hídrica
3	Geología y Geomorfología	Sensibilidad Física Geomorfológica
4	Suelos y Capacidad de Uso Mayor	Fertilidad de Suelos
5	Uso Actual de la Tierra	Tipo de Uso del Territorio
6	Conflictos de Uso de la Tierra	Conflictos por sub-uso de la tierra
		Conflictos por sobre-uso de la tierra.
7	Infraestructura de Riego.	Caudales de diseño.
8	Producción de los Principales Cultivos	Sensibilidad a Variaciones de Temperatura
		Sensibilidad a Variaciones de Humedad

#### ■ **Indicadores de cabecera**

A partir de los indicadores básicos se selecciona un número reducido de indicadores que proporciona las tendencias globales de los objetivos ambientales prioritarios establecidos. Además, cuando se hace un estudio integral involucrando a la población y las actividades económicas, estos indicadores relacionan de forma agregada las interrelaciones existentes entre el crecimiento económico y el medio ambiente.

Los indicadores de cabecera son todos aquellos tomados en cuenta para la evaluación de los aspectos temáticos en el diagnóstico actual de la Subcuenca San Francisco, podemos citar algunos como precipitación y temperatura en el aspecto Clima, caudales en el aspecto hidrológico, estabilidad y erosión en geomorfología, nivel de fertilidad en Suelos, tipo de cobertura en el tema de Cobertura Vegetal, etc.

#### ■ **Indicadores de integración.**

Miden el nivel de incorporación de la variable Vulnerabilidad Física Natural en las Medidas de Adaptación y la respuesta que deben dar los actores de la Cuenca, tanto desde la base como desde las autoridades responsables de la toma de decisiones para el desarrollo.

Se agrupa en este concepto a los indicadores de mayor importancia tratados a nivel temático, los cuales permiten simplificar los niveles de análisis y permiten plantear un sistema de medidas de adaptación que en forma integral apunten a procesos de adaptación al cambio climático. En este grupo podemos citar indicadores como Sensibilidad Física, Sensibilidad Hidrológica y Conflictos de Uso de la Tierra, los cuales se obtienen a partir de sub-modelos integrados.

### **4.3 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE VULNERABILIDAD FÍSICA NATURAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO**

La Vulnerabilidad de la Subcuenca San Francisco está determinada por el grado en el cual el sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del Cambio Climático, incluidos la Variabilidad y los extremos del Clima.

Es pertinente mencionar que está condicionada por el carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y por la variación a la que el sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.

El sistema tendrá un mayor nivel de vulnerabilidad en la medida que sufra mayores impactos por los efectos del cambio climático, de otro lado su capacidad de adaptación será poco significativa en relación a éstos últimos. Es pertinente mencionar que en la medida que la población se encuentre organizada, para la aplicación de medidas y procesos de adaptación, el nivel de vulnerabilidad podrá ser atenuado y en el mejor de los casos disminuido.

En la Cuenca, los estudios de eventos extremos como el Fenómeno El Niño (FEN), en relación a la respuesta de la población, especialmente en el sector agropecuario, demuestran que la respuesta fue mucho más “eficiente” durante el FEN 1998 respecto al FEN 1983; por lo tanto el sector fue más vulnerable durante el FEN



1983. Es evidente que son más vulnerables los estratos más pobres de la población que aquellos que tienen un poder adquisitivo mayor.

Las unidades de vulnerabilidad han sido definidas mediante la integración a través del Sistema de Información Geográfica, se inició con integraciones parciales de los aspectos relacionados con la Hidrología, la Geomorfología y el Uso del Territorio, adicionando a ello aspectos como la sensibilidad de la infraestructura de riego y drenaje así como la sensibilidad de los cultivos al cambio climático.

Es pertinente mencionar que existen otros aspectos desde la actividad humana, tales como la tala y pastoreo indiscriminado, o el uso de plaguicidas químicos de uso agrícola, los cuales ejercen presión sobre el sistema, e incrementan su sensibilidad permitiendo que aumente el nivel de vulnerabilidad física natural del mismo.

Por tal efecto se describe en forma resumida las integraciones parciales que se han realizado antes de la Integración total para determinar la Vulnerabilidad Física Natural de la Cuenca.

#### ■ Vulnerabilidad Hidrológica

Por ello se tiene integraciones parciales, las cuales se reflejan en el **Mapa de Sensibilidad Hidrológica** en ésta primera integración se tiene en cuenta indicadores como sequía, inundaciones y erosión hídrica.

Como resultado del análisis de la vulnerabilidad originada por los recursos hídricos se han determinado cinco zonas de vulnerabilidad hidrológica, cuyas superficies se indican en el siguiente cuadro N° 17.

#### **Cuadro N° 17**

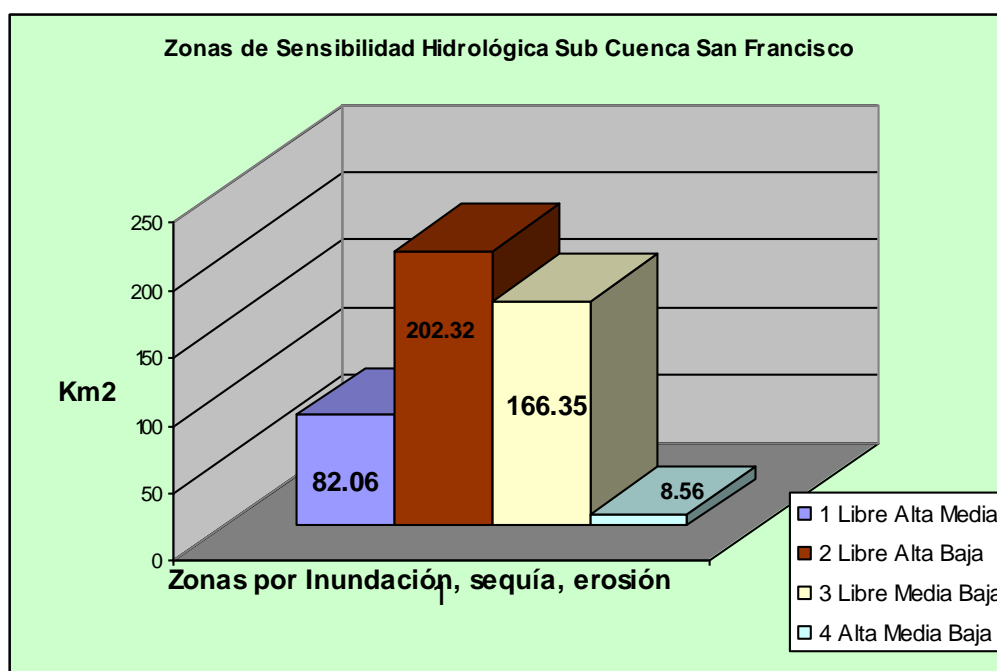
Zonas de vulnerabilidad hidrológica en la subcuenca san francisco

Zona N°	Nivel de Inundación	Nivel de Sequía	Nivel de Erosión Hídrica	Área (Km <sup>2</sup> )
1	Libre	Alta	Media	82.06
2	Libre	Alta	Baja	202.32
3	Libre	Media	Baja	166.35
4	Alta	Media	Baja	8.56
Total				459.30

La distribución de las siete zonas de vulnerabilidad se aprecia en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 14**

Distribución de las zonas de Sensibilidad Hidrológica en la Subcuenca San Francisco.



En el gráfico podemos apreciar que la mayor proporción del territorio 202,32 km<sup>2</sup> corresponde a la Zona N° 2, caracterizada por que está libre de inundaciones, tiene alto riesgo por sequía y el nivel de erosión hídrica es bajo. El resto de zonas se distribuyen el área en forma decreciente, en función del área, sigue la Zona N° 3, caracterizada por que está libre de inundaciones, el riesgo por sequía tiene un nivel medio y el nivel de erosión hídrica es bajo.

#### ■ Conflictos de Uso de la Tierra.

En la determinación del Conflicto de Uso de la tierra se ha tenido en cuenta los aspectos de Uso Actual del Territorio y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras; no habrá conflictos de uso cuando la tierra viene siendo explotada de acuerdo a su potencial.

En el caso de la existencia de Conflictos de uso, se pueden presentar dos situaciones:

1. Una condición de la tierra en la cual se hace un sub-uso de las unidades territoriales (calificada con un índice 2); en esta situación el territorio puede tener un potencial para cultivos en limpio y actualmente se le puede estar destinando para el cultivo de pasturas o para pastoreo

extensivo, lo cual nos indica que se viene desaprovechando la aptitud del suelo para generar una producción más rentable.

- Otra condición en la cual se hace un sobre-uso del espacio físico territorial (calificado con un índice 3), comprende aquellas tierras que teniendo una capacidad inferior, vienen siendo sometidas a una explotación que no les corresponde, ejerciendo una presión sobre el recurso que lo hace más vulnerable; por ejemplo, es frecuente encontrar en algunas zonas que son aptas para pastos o para cultivos permanentes, sin embargo las tierras vienen siendo sembradas con cultivos intensivos.

A continuación se presenta la matriz que se ha utilizado para determinar el Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra en la Subcuenca San Francisco.

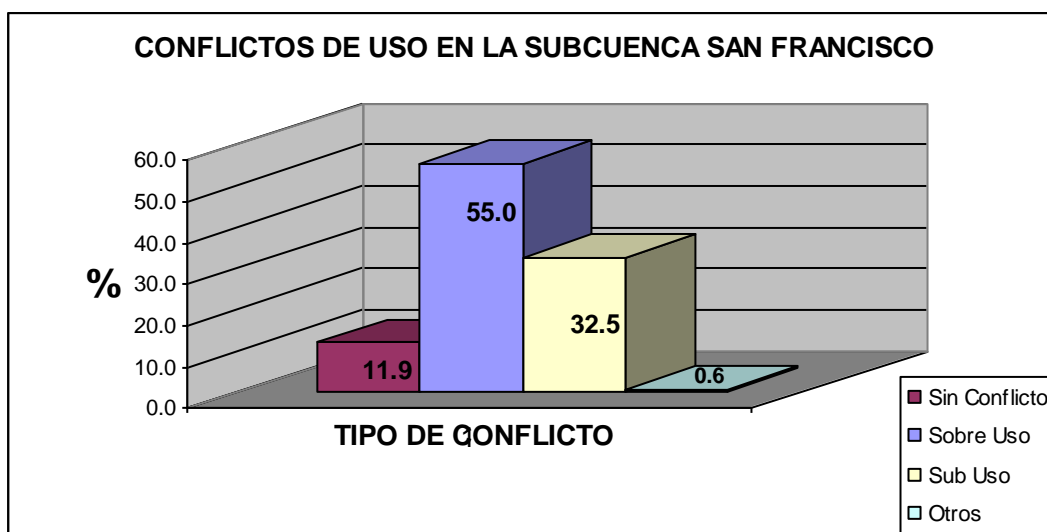
INDICE DE CONFLICTOS DE USO DEL TERRITORIO EN LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO									
Capacidad de Uso Mayor	USO ACTUAL DE LA TIERRA								
	Ar	CFt	CFc	Mg	TD	PT	FLv	FLs	Flc
A2s (r)	1	1	1	2	2	2	2	2	2
A3s (r)	1	1	1	2	2	2	2	2	2
C2s (r)	3	3	3	1	2	2	2	2	2
C3s (r)	3	3	3	1	2	2	2	2	2
C3se (r)	3	3	3	1	2	2	2	2	2
C3se	3	3	3	1	2	2	2	2	2
P3se(t)	3	3	3	3	2	1	2	2	2
F2s	3	3	3	3	2	3	1	1	1
F3se	3	3	3	3	2	3	1	1	1
Xse	3	3	3	3	1	3	3	3	3

Descripción del Código			
Categoría	Sin	Conflicto	
	Conflicto	Sub-uso	Sobre-uso
Índice	1	2	3

Para obtener el **Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra** (Mapa N° 11) se ha integrado las coberturas espaciales correspondientes al Uso Actual del Territorio y Capacidad de Uso Mayor de la Tierra. En este Mapa se ha determinado que el 87,5% del territorio de la cuenca está siendo sometido a un uso que no le corresponde, lo cual incrementa la vulnerabilidad física natural; por ejemplo, se puede citar aquellas áreas de la zona alta de la cuenca que vienen siendo explotadas con pastoreo extensivo, siendo su uso potencial adecuado según sus características para forestales. El 12% del territorio de la cuenca indica que no hay conflictos de uso, tal como se aprecia en el Gráfico N° 15.

**Gráfico N° 2**

Distribución del Territorio en función de los Conflictos de Uso.



Es importante resaltar el hecho que los conflictos de uso generan una presión en el sistema, lo cual lo torna mucho más vulnerable a los efectos del cambio climático, si se siembra una especie vegetal en terrenos de ladera con más de 25% de pendiente y esta especie por su naturaleza morfológica y hábito de crecimiento no cubre adecuadamente la superficie del suelo, ésta se verá afectada en mayor grado por la erosión que aquellas que tienen mayor cobertura, como aquella que generan las especies forestales.

#### ■ Sensibilidad Geológica – Geomorfológico.

Los aspectos relacionados con el material litológico (geología) y la dinámica o procesos que modelan la superficie del territorio de la cuenca (geomorfología), están integrados, en ésta integración parcial se tiene en cuenta aspectos como los procesos geodinámicos que ocurren en la superficie del territorio de la cuenca, tales como los procesos de remoción en masa, activados por la erosión hídrica o eólica, los cuales son más activos teniendo en cuenta características como la pendiente y el grado de cobertura.

Se puede identificar rasgos geodinámicos como: torrentes estacionales, cárcavas, zonas de huaycos activos, zonas de huaycos estacionales, áreas de inundación, áreas de derrumbes, conos aluvionales, conos aluviales, zonas de dunas, escarpes, afloramientos líticos y zonas de erosión ribereña; los cuales permiten valorar el grado de vulnerabilidad que tiene la superficie del territorio de la cuenca.

#### 4.4 MATRIZ DE VALORACIÓN PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD FÍSICA NATURAL EN LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO.

Mediante el trabajo en equipo multidisciplinario, se realizó la integración de la vulnerabilidad en la Subcuenca, tomándose la decisión de elegir a los temas más importantes que deberían ser tomados en cuenta, luego de acuerdo al orden de importancia se les dio valores en una escala de 1 a 10, correspondiendo el mayor valor para el tema de clima, dado que es el elemento de presión sobre el sistema, luego en forma proporcional se le dio el índice a los otros temas involucrados para la integración.; de tal forma que se obtuvo el cuadro N° 18 y 19.

##### **Cuadro N° 18**

Índices de ponderación para determinar vulnerabilidad actual en la sub-cuenca san francisco

ASPECTOS TEMÁTICOS		Niveles de Vulnerabilidad			
TEMAS	I. Prioridad	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
Clima	8	8	7	5	2
Sequía					
Inundaciones	8	8	4	2	
Erosión Hídrica	7	7	5	3	2
Geomorfología	8	8	7	5	3
Uso actual	8	8	6	5	3
Suelos	6	8	7	4	2
Geología	4	8	6	4	2

Una vez procesada la matriz anterior se obtiene la matriz producto donde se aprecia la intervención de cada uno de los componentes y cómo éstos van a determinar los rangos dentro de los cuales se va a establecer los niveles, muy alto, alto, medio y bajo, tal como se presenta en el cuadro a continuación.

##### **Cuadro N° 19**

Matriz producto para determinar los rangos y niveles de vulnerabilidad en la sub-cuenca san francisco

PONDERACIONES POR NIVELES			
MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
64	56	40	16
0	0	0	0
64	32	16	0
49	35	21	14
64	56	40	24
64	48	40	24
48	42	24	12
32	24	16	8
385	293	197	98

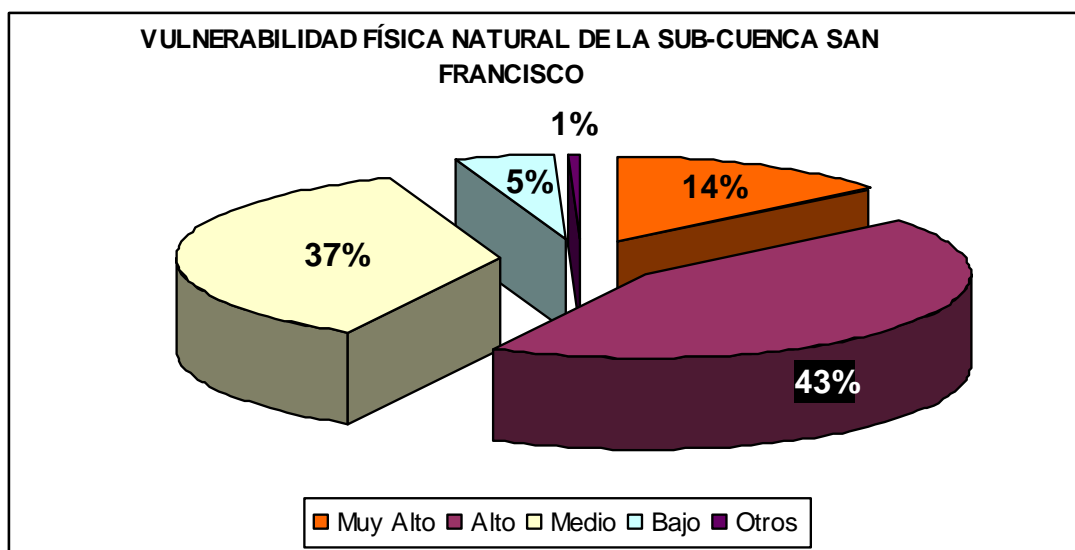
RANGO DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD			
314-385	242-313	170-241	98-169

#### 4.5 MAGNITUD DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD FÍSICA NATURAL EN LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO.

La Vulnerabilidad Física Natural integrada presenta la siguiente distribución de área, según se puede apreciar en el siguiente gráfico 16.

**Gráfico N° 3**

Distribución del Territorio de la Subcuenca San Francisco en función de los niveles de Vulnerabilidad Física Natural



Como se puede apreciar en el gráfico, el mayor porcentaje de tierras presenta un nivel de vulnerabilidad alto (43%), siendo el 14% de la superficie de vulnerabilidad muy alta, es en estas tierras donde debe aplicarse en forma prioritaria y urgente un sistema de medidas y procesos de adaptación; los cuales, según las proyecciones a nivel mundial y nacional, podrían agravarse por efecto de la presión que ejercerá el Cambio Climático.

Lo anteriormente afirmado indica que gran parte del territorio está sometido a elementos de presión natural, lo cual se agrava a consecuencia de las actividades antrópicas, es decir que a la inestabilidad física natural, como la que producen los procesos geodinámicos y la sensibilidad por hidrología, se añaden como elementos catalizadores, las actividades humanas que generan conflictos de uso del territorio, degradación de los recursos por uso de sustancias químicas tóxicas, actividades contaminantes como el desecho de sustancias extrañas al ambiente tanto de residuos sólidos como líquidos, etc.

## 4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD FÍSICA NATURAL EN LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO.

### 4.6.1 Unidades con Vulnerabilidad Baja

#### a. Descripción General.

Tierras que por sus características físicas (litología, pendiente), ecológicas y de uso, presentan alta estabilidad, pudiéndose realizar actividades de desarrollo, sin ocasionar deterioro de su capacidad productiva. Se les localiza en zonas con pendientes planas o casi a nivel, la vulnerabilidad es atenuada por la baja pendiente que presentan y la cobertura vegetal que protege el suelo del efecto erosivo de la lluvia. Se efectúan actividades de bajo costo para mantener la estabilidad del ecosistema. Comprende aquellas tierras que tienen leves probabilidades de riesgo económico por causas naturales.

Para esta subcuenca se puede citar lugares planos o casi a nivel, donde se lleva a cabo agricultura intensiva siendo esa su vocación de uso, no presenta erosión hídrica, no está sujeta a inundaciones, los procesos geodinámicos son poco perceptibles, los suelos tienen una alta estabilidad y buenas condiciones de producción, tienen aprovisionamiento de agua para una explotación sostenida. También puede agrupar tierras en pendiente a la cual se le está dando el uso que le corresponde y el material litológico es muy estable.

Presenta sensibilidad geomorfológica baja, Sensibilidad hidrológica baja, No presenta conflictos de uso.

En este Nivel se puede citar lugares como: Las Mónicas, Esperanza, San Isidro y San Francisco.

#### ■ **Sensibilidad Geomorfológica.**

Presenta sensibilidad geomorfológica baja, Sensibilidad hidrológica baja, No presenta conflictos de uso.

La Sensibilidad Geomorfológico Baja, indica que los procesos geomorfológicos son menos perceptibles existiendo una mayor estabilidad de los componentes del paisaje.

La Erosión Hídrica Baja, lo cual implica que estas zonas tienen una Escorrentía entre 19 – 47 mm. En una pendiente de A (0-4%).

#### ■ **Sensibilidad Hidrológica.**

Presentan sensibilidad hidrológica Baja, debido a que el peligro por inundaciones tiene un nivel bajo, es decir que son áreas libres por inundaciones que se encuentran en pendientes B-F (>4%).

El peligro por Sequía es Bajo, debido a que hay Ausencia de precipitación y los caudales son menores a 0,003 m<sup>3</sup>/s, el terreno se encuentra en pendientes de A – F (desde 0 a más de 50% de pendiente).

- **Conflictos de Uso.**

No se presenta conflictos de uso, apreciándose que se le da el uso a la tierra de acuerdo al potencial que le corresponde, de acuerdo a las condiciones de humedad, pendiente y ecología en general.

#### 4.6.2 Unidades con Vulnerabilidad Media

##### a. Descripción General.

Tierras que por sus características físicas (litología, pendiente), ecológicas y de uso, presentan moderada estabilidad, con ciertas limitaciones de uso de su capacidad productiva. La estabilidad de estas tierras es alterada por la actividad antrópica. Tienen ligeras probabilidades de riesgo económico por causas naturales. Se debe efectuar actividades de cierto costo para atenuar el riesgo de vulnerabilidad.

Presenta sensibilidad geomorfológica baja, La Sensibilidad hidrológica es baja a media. Puede o no haber conflicto de uso.

Se localiza mayormente dispersa por toda el área de estudio, pudiéndose citar lugares como: Pueblo Libre, Malingas, Totoral Alto, Juan Velasco Alvarado, San Isidro 10.4, San Francisco, etc.

- **Sensibilidad Geomorfológica.**

La sensibilidad Geomorfológico es Baja, caracterizada porque los procesos geomorfológicos son menos perceptibles y existe una mayor estabilidad de los componentes del paisaje.

La Erosión Hídrica tiene un nivel medio, caracterizado por niveles de Escorrentía que oscilan en valores entre 94 - 131 mm y la pendiente del terreno está en fases C-D (8-25%).

- **Sensibilidad Hidrológica.**

El grado de sensibilidad Hidrológica es Baja a Media.

Debido a que la Sensibilidad Hidrológica es MEDIA:

Calificada por el Peligro por Inundaciones es Media, ante la ocurrencia de un Caudal 1481 m<sup>3</sup>/s y pendiente A (0 – 4%). La Sequía es Moderada, lo cual se califica mediante la ocurrencia de Caudales de 0 – 0,003 m<sup>3</sup>/s, agua subterránea disponible y pendientes de A – B (0 – 8%).

- **Conflictos de Uso.**

Puede presentar o no conflictos de uso. Se determina conflictos de uso cuando las condiciones del terreno no son adecuadas para una actividad determinada, por ejemplo se detecta que en Tierras con aptitud para forestales o pastos se siembran cultivos intensivos.



**b. Recomendaciones de Uso y Manejo.**

- Efectuar tareas de prevención contra riesgos de erosión lateral de los ríos e inundaciones, se puede implementar medidas de protección ribereña, construcción de diques y espigones, cobertura arbórea.
- Ejecutar trabajos tendientes a la ejecución de proyectos de prevención y protección de infraestructura vial, urbana y agrícola; ante eventos extraordinarios como los denominados Fenómenos “El Niño”.
- En el área agrícola impulsar mecanismos de gestión para la formulación y ejecución de proyectos de inversión con énfasis en: Mejoramiento y recuperación de suelos afectados por salinidad y mal drenaje.
- Sectorizar y especializar, zonificando áreas que física y ecológicamente permitan el cultivo de grupos de especies vegetales, tanto para el mercado interno como para la exportación.
- Incentivar la formulación, gestión y ejecución de proyectos para el mejoramiento de la infraestructura de riego y drenaje.
- Implementar proyectos de ordenamiento de la administración y uso eficiente del recurso agua, en cuanto a la aplicación y distribución, mediante la aplicación de métodos de riego presurizado; en forma coordinada con las Juntas de Usuarios, comisiones de regantes y grupos de productores organizados.

**4.6.3 Unidades con Vulnerabilidad Alta.****a. Descripción General**

Tierras de baja estabilidad debido al relieve disectado, estabilidad geocológica variable, procesos morfodinámicos activos (erosión en surcos, cárcavas deslizamientos), vegetación natural variable. Su uso está supeditado a la ejecución de prácticas costosas de conservación de suelos. Comprende tierras que tienen moderadas probabilidades de riesgo económico por causas naturales.

Presenta sensibilidad geomorfológica moderada a muy alta. Sensibilidad hidrológica media, Son evidentes los conflictos de uso.

En este nivel se puede citar lugares como: Pueblo Libre, Miraflores, Guaraguaus Alto, Malingas, Monteverde, Total, Tejedores, Santa Rosa, San Francisco, Juan Velasco, San Isidro.

**■ Sensibilidad Geomorfológica.**

SG: BAJA, MODERADA Y ALTA.

Moderada: Ocurren procesos geodinámicos de moderada magnitud en áreas parcialmente ocupadas por el hombre. Se presenta en todo el litoral y en la parte media y baja de la cuenca; áreas cubiertas con mantos de arena móviles, superficies plano onduladas, superficies planas de origen erosional y parte de laderas de montaña con moderada disección.

Alta: Geodinámica acelerada en épocas de alta precipitación o por ocurrencia de sismos de gran magnitud. Abarca laderas de montaña con intensa disección y vertientes montañosas.

La Erosión Hídrica tiene un nivel medio, debido a que la escorrentía está en el rango de 94 - 131 mm en pendientes que están en un rango de C-D: 8-25%

■ **Sensibilidad Hidrológica.**

SH: MEDIA.

Calificada por Riesgo de Inundaciones Media, se presentan caudales de 1481 m<sup>3</sup>/s en zonas con pendiente en el rango A y B (0 – 4%)

Sequía Moderada, debido a la existencia de caudales en el rango de 0 – 0,003 m<sup>3</sup>/s, agua subterránea disponible y pendientes de A – C (0 – 8%).

**Conflictos de Uso.**

Se determina conflictos de uso en un alto porcentaje del territorio, cuando las condiciones del terreno no son adecuadas para una actividad determinada, por ejemplo se detecta que en Tierras con aptitud para forestales o pastos se siembran cultivos intensivos

**b. Recomendaciones de Uso y Manejo.**

- Efectuar tareas de prevención contra riesgos de erosión lateral de los ríos e inundaciones, se puede implementar medidas de protección ribereña, construcción de diques y espigones, cobertura arbórea.
- Promover campañas de difusión de los efectos del cambio climático incidiendo en la ejecución de prácticas y medidas de adaptación, generando conciencia en diferentes grupos etéreos y condición de la población.
- Ejecutar trabajos tendientes a la ejecución de proyectos de prevención y protección de infraestructura vial, urbana y agrícola; ante eventos extraordinarios como los denominados Fenómenos “El Niño”.
- En el área agrícola Sectorizar y especializar, zonificando áreas que física y ecológicamente permitan el cultivo de grupos de especies vegetales, tanto para el mercado interno como para la exportación.
- Incentivar la formulación, gestión y ejecución de proyectos para el mejoramiento de la infraestructura de riego y drenaje.
- Implementar proyectos de ordenamiento de la administración y uso eficiente del recurso agua, en cuanto a la aplicación y distribución, mediante la aplicación de métodos de riego presurizado; en forma coordinada con las Juntas de Usuarios, comisiones de regantes y grupos de productores organizados.

#### 4.6.4 Unidades con Vulnerabilidad Muy Alta.

##### a. Descripción General.

Tierras de muy baja estabilidad, por presentar deterioro y degradación de suelos, relieve fuertemente disectado, altas precipitaciones y pendientes empinadas. Geológicamente son muy inestables, con procesos morfodinámicos activos (erosión en surcos, cárcavas, deslizamientos), vegetación natural variable. La actividad antrópica incrementa la inestabilidad, haciéndolas altamente vulnerables. Deben utilizarse con fines de protección de cuencas y planificar medidas protectivas y mitigación de desastres.

Presenta sensibilidad geomorfológica alta a muy alta. Sensibilidad hidrológica media a alta. Los conflictos de uso de la tierra son evidentes en gran porcentaje del área.

Este nivel de vulnerabilidad se encuentra disperso principalmente en el sector Este de la Subcuenca San Francisco, en tierras de geomorfología activa, de colinas altas y montañas, escasa cobertura vegetal, propensos a la sequía y erosión hídrica. Se puede citar lugares como Cerro Tunal, Cerro Peña Blanca, Cerro Huabal, Loma Higuierón.

También se califica como zonas de vulnerabilidad muy alta a las áreas inundables, ubicadas mayormente en la confluencia del río San Francisco con el Río Piura, desde el Sector El Carbón hasta el punto de la desembocadura con el río Piura, en este sector se observa un gran explayamiento del cauce del río, que ocasiona erosión ribereña y pérdida constante de tierras agrícolas sembradas con cultivos anuales y permanentes.

##### ■ **Sensibilidad Geomorfológica.**

###### ALTA Y MUY ALTA.

Muy Alta: Ocurren inundaciones, erosión ribereña, pérdida de áreas agrícolas y daño en áreas ocupadas por el hombre. Comprende el área de influencia cercana a la desembocadura del río San Francisco en el Río Piura.

Erosión Hídrica Alta: Escorrentía: 161 - 474 mm. Pendiente E-F: 25 >50%. Estas condiciones principalmente ocurren en altitudes entre 300 a 1200 msnm, en la zona Este de la Cuenca.

##### ■ **Sensibilidad Hidrológica.**

###### SH: ALTA.

Inundación Alta: Caudal 1481-3500 m<sup>3</sup>/s y pendiente A (0 – 4%). Sequía Moderada - Alta: Caudales de 0.000 – 0.008 m<sup>3</sup>/s, y pendientes de B – F (4 >50%). Especialmente se presenta en la zona baja de la Subcuenca.

- **Conflictos de Uso.**

Se determina conflictos de uso en un alto porcentaje del territorio, cuando las condiciones del terreno no son adecuadas para una actividad determinada, por ejemplo se detecta que en Tierras con aptitud para pastos existe una presión por el pastoreo permanente, especialmente de caprinos en la parte media y alta de la cuenca.

En forma esquemática los niveles de vulnerabilidad física natural, se pueden resumir en el siguiente cuadro.

**b. Recomendaciones de Uso y Manejo.**

- Efectuar tareas de prevención contra riesgos de erosión lateral de los ríos e inundaciones, se puede implementar medidas de protección ribereña, construcción de diques y espigones, especialmente en el sector desde El Carbón, hasta la desembocadura de la Subcuenca San Francisco con el río Piura.
- Promover campañas de difusión de los efectos del cambio climático incidiendo en la ejecución de prácticas y medidas de adaptación, generando conciencia en diferentes grupos etéreos de la población.
- Ejecutar trabajos tendientes a la ejecución de proyectos de prevención y protección de infraestructura vial, urbana y agrícola; ante eventos extraordinarios de alta precipitación.
- Prever medidas de adaptación que permitan enfrentar a la población ante eventos de sequía, como los ocurridos durante los años 2003 y 2004.
- En el área agrícola Sectorizar y especializar, zonificando áreas que física y ecológicamente permitan el cultivo de grupos de especies vegetales, tanto para el mercado interno como para la exportación, promover la siembra de frutales como el mango el cual tiene un mercado promisorio y en pleno crecimiento.
- Incentivar la formulación, gestión y ejecución de proyectos para el mejoramiento de la infraestructura de riego y drenaje.
- Implementar proyectos de ordenamiento de la administración y uso eficiente del recurso agua, en cuanto a la aplicación y distribución, mediante la aplicación de métodos de riego presurizado; en forma coordinada con las Juntas de Usuarios, comisiones de regantes y grupos de productores organizados.

## CUADRO DE NIVELES DE VULNERABILIDAD

## CAPITULO V

### V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

##### 5.1.1 Clima y Zonas de Vida

- Las variables físicas resaltantes tanto para el clima, zonas de vida y el análisis de las áreas de interés son la lluvia y temperatura aunque esta última sea a nivel puntual.
- La información meteorológica no ha sido la más adecuada para el estudio específico de las áreas de interés, considerando que no existe una red meteorológica y el SENAMHI no proporciona la información básica elemental y necesaria (información de primer orden) para el presente estudio.
- De las tres áreas de interés, el Bajo Piura es la que cuenta un mejor reporte de información meteorológica lo que permite efectuar el análisis de coeficiente de variabilidad de lluvias y en forma puntual el análisis de coeficiente de variabilidad de la temperatura.
- El coeficiente de variabilidad de las lluvias en el Bajo Piura permitió determinar tres unidades de sensibilidad entre las cuales se tiene: i) sensibilidad alta, ii) Muy sensible y iii) Extremadamente sensible.
- De acuerdo al coeficiente de variabilidad de lluvias el área de interés más impactada en la cuenca del río Piura por el fenómeno el Niño extraordinario es el Bajo Piura y dentro de ella se ubica la zona extremadamente sensible en la cual se ubican la ciudad de Piura y las localidades de Catacaos, Cucungara, La Arena, La Unión, Bernal, Sechura, Llicuar, y las áreas aledañas a la laguna Ramón, entre otros, todas ellas pertenecientes a la cuenca baja del río Piura.
- El coeficiente de variación de temperatura media muestra que en la zona extremadamente sensible del Bajo Piura los meses más críticos ocurre entre los meses de abril hasta agosto, cuya diferencia de temperatura entre el FEN y el año medio varía entre 1 a 4°C.
- En el Bajo Piura en la zona extremadamente sensible se observó que las mayores variaciones de temperatura máxima ocurre entre los meses de junio a agosto con un coeficiente de variación de temperatura máxima entre 1.0 a 1.1 lo que representa una diferencia de grados centígrados entre el FEN y el año medio de 1 a casi 3°C.
- Mientras que el coeficiente de variación de las temperaturas mínimas en el mismo ámbito en mención se observó que los mayores cambios se producen en casi todos los meses variando el coeficiente de variación de temperatura mínima entre el FEN y el año medio de 1.0 a 1.4 lo que representa una diferencia de grados centígrados de 1 a 6,5°C, siendo el mes más crítico junio.
- En la cuenca del río Yapatera se encuentra ubicada solo la estación pluviométrica de Friás, considerando ello se utilizó la información proveniente de otros observatorios cercanos al ámbito de estudio como son; Arenales, San Pedro, Chulucanas.
- La cuenca del río Yapatera ha sido sectorizado de acuerdo al coeficiente de variación de lluvias en cuatro, los cuales son: i) ligera sensibilidad, ii) moderada baja, iii) moderada alta, iv) moderado muy alto

- En la cuenca del río Yapatera la zona de mayor sensibilidad es la denominada moderado muy alto, la cual esta limitada por la isolínea de sensibilidad superior a 15 lo que representa que en esa zona las lluvias del año medio fueron superadas ampliamente por las lluvias del FEN en 15 veces más.
- Las áreas más vulnerables son las áreas rurales con policultivos así como los segmentos más bajos de la ciudad de Chulucanas y cuenca de Yapatera.
- En relación al coeficiente de variabilidad de temperatura media en la estación de Chulucanas se observó que este varía de 1.0 a 1.2 lo que representa que la temperatura media durante el FEN es superior a la temperatura media del año medio en 1 a 4°C ello ocurrió durante las estaciones de otoño e invierno.
- En relación a las temperaturas máximas en la misma zona de sensibilidad de Yapatera se observó que las temperaturas máximas durante el FEN son inferiores a las temperaturas máximas del año medio siendo el más crítico el mes de enero con una diferencia de -2.2°C, aunque el coeficiente de variación es de 0.9.
- El coeficiente de variación de las temperaturas mínimas oscila entre 1.1 a 1.4 lo que implica que la temperatura mínima del FEN ha sido superior a la temperatura mínima del año medio en 1.0 a 6.2°C siendo junio el mes más crítico.
- La cuenca San Francisco no cuenta con información meteorológica amplia (estaciones paralizadas) por lo que no se determinó el coeficiente de variación de lluvia y el coeficiente de variación de temperatura.
- La zona de sensibilidad moderado muy alto de la cuenca San Francisco se presenta en las zonas más bajas de la cuenca en mención, donde esta zona esta limitada entre la línea superior a 15 lo cual indica que la lluvia del FEN supero ampliamente en 15 veces más a las lluvias del año medio.

### 5.1.2 Hidrología

- El clima de la cuenca del río San Francisco, según Koppen corresponde a sub – tropical y según Pettersen, a semi – tropical costero, caracterizado por pluviosidad moderada y altas temperaturas, con pequeñas oscilaciones estacionales.
- El régimen de las precipitaciones es irregular durante el año y varia directamente con la altitud, concentrándose entre enero y abril. En años normales la precipitación en la cuenca baja y media del río San Francisco es cercana a cero; sin embargo, en años muy húmedos influenciados por el fenómeno del niño las precipitaciones son de elevada magnitud y larga duración. En la cuenca alta las precipitaciones se concentran entre enero y abril disminuyendo el resto del año, tanto e años muy húmedos como en años normales.
- El río San Francisco nace a 600 m.s.n.m en el cerro Quebrada Honda y desemboca en el río Piura, cerca de localidad de Curvan. Registrando una longitud de 49,80 Km. y una superficie de 457,28 km<sup>2</sup>.
- Los principales afluentes por la margen derecha son los ríos: P-051602, P-051604 y P-051606 y por la margen izquierda los ríos: P – 051601, P – 051603, P – 051605, P – 051607 y P-051609, como se muestra en el mapa N° 01 - H del anexo.
- La cuenca cuenta con 01 estación hidrométrica, la de San Francisco, actualmente se encuentra paralizada.
- El régimen de las descargas naturales es irregular y torrencioso, con elevada variabilidad de sus descargas instantáneas, diarias y mensuales, principalmente en la época de avenidas.

- Para tener información de las descargas medias anuales en puntos de interés se ha desarrollado el modelo hidrológico  $Q = K \cdot PP \cdot A$ , donde: Q = Caudal, K = Coeficiente de Escorrentía, PP = Precipitación Promedio Anual, A = Área de la cuenca del río cuya caudal se requiere.
- La cuenca del río San Francisco registra un alto potencial de aguas subterráneas ya que cuenta con una superficie de riego importante que se sirve de recargas.
- Los principales usos del agua en la cuenca del río Piura son el agrícola y el doméstico. Los usos industrial, pecuario y el minero son pequeños.
- El uso agrícola, se distribuye en 2880 predios los que alcanzan una superficie total de 4341,13 ha abastecidas con aguas del reservorio San Lorenzo.
- La cuenca del río San Francisco pertenece a la Administración Técnica del Distrito de riego San Lorenzo y a la Junta de Usuarios del mismo nombre.
- En la cuenca del río San Lorenzo se han identificado las siguientes zonas de vulnerabilidad hidrológica :
  - Zona N° 01 Zona libre de inundaciones – sequía alta – erosión hídrica alta, abarca una superficie de 82,06 km<sup>2</sup>.
  - Zona N° 02 Zona libre de inundaciones – sequía alta – erosión hídrica baja, con 202,33 km<sup>2</sup>.
  - Zona N° 03 Zona libre de inundación – sequía media – erosión hídrica baja, con un área de 166,35 km<sup>2</sup>
  - Zona N° 04 Zona de inundación Alta – sequía media – erosión hídrica baja, presenta una superficie de 8,57 km<sup>2</sup>.
- Los planes de manejo de las zonas Hidrológicamente vulnerables deben ser de tipo preventivo y de control.

### 5.1.3 Geología y Geomorfología

- La microcuenca del Río San Francisco geológicamente está conformada por una secuencia de rocas volcánicas e intrusitas en la parte oriental y amplios depósitos aluviales recientes en la parte baja, donde se realiza la mayor actividad antrópica
- Morfológicamente esta microcuenca conforma dos ambientes bien diferenciados: uno hacia el este con formas elevadas con colinas y vertientes montañosas con diferentes niveles de disección y una amplia planicie allanada hacia el oeste con formas plano-onduladas donde ocurren los mayores procesos geodinámicos.
- Los principales procesos de geodinámica externa son de origen hídrico, hídrico-gravitacional y antrópicos, los cuales se manifiestan por la presencia de conos aluvionales, zonas de inundación en las apartes bajas de la microcuenca y mal uso del territorio.

### 5.1.4 Suelos

- A nivel general, en el área de interés subcuenca San Francisco, se ha identificado siete (07) unidades de suelos, distribuidos en un (01) orden de suelos y tres (03) Grandes Grupos de suelos, según el Sistema de Clasificación “Soil Taxonomy” (1999) distribuidas en toda el área de interés.
- Los suelos de mejor desempeño y con menores limitaciones son los suelos clasificados en el Gran Grupo Torrifluvents, el cual agrupa a las unidades de suelos Morropón, Pelingará, Alto Curván y Tambogrande, debido a que

presentan los mejores valores en cuanto a las propiedades físicas y químicas adecuadas para el crecimiento de los cultivos.

- Se tiene suelos con menores condiciones para el cultivo debido a las características físicas y químicas de los suelos, tales como los suelos agrupados en el Orden Orthents, como Tejedores, Carneros y Frías Bajo.
- El nivel de fertilidad de los suelos es variable en el área de interés, se encuentran suelos con niveles de fertilidad muy baja como los aquellos entisoles de origen residual con bajo contenido de coloides orgánicos e inorgánicos. De otro lado, se encuentran suelos con niveles de fertilidad media a alta, como los entisoles de los valles aluviales (Torrifluvents), donde se desarrolla la mayor actividad agrícola del área de interés, es en estos suelos donde se desarrolla la mayor parte de los cultivos de mango y limón.
- En algunas unidades de suelos, como la unidad Tejedores, se puede encontrar suelos con problemas físicos, debido al elevado contenido de arcillas lo cual dificulta las labores agronómicas, indicándose para ello un adecuado manejo de suelos con la incorporación de materia orgánica para mejorar la estructura de los suelos.

#### 5.1.5 Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

- Las tierras aptas para cultivos en limpio comprenden 7 217,17 ha que representan el 16% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos, erosión y necesidad de riego.
- De las 17 543,54 ha en la subcuenca San Francisco, las tierras aptas para cultivos permanentes representan el 38,20%. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos, erosión y necesidad de riego.
- Las tierras aptas para Pastos comprenden 1 706,63 ha que representan el 3,72% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tiene una clase de capacidad de uso, baja, la cual presentan limitaciones por suelos, erosión y temporalidad.
- Las tierras aptas para Forestales comprenden 2 536,77 ha que representan el 5,52% del área total de la subcuenca. En estas tierras se tienen dos clases de capacidad de uso, media y baja, las cuales presentan limitaciones en diferente combinación por suelos y erosión.
- Las tierras aptas para protección comprenden 16 697,98 ha que representan el 36%. Estas tierras presentan severas limitaciones por suelos y erosión, debido a lo cual no deben ser incorporadas a cualquier actividad de explotación productiva que signifique el incremento de su vulnerabilidad.

#### 5.1.6 Uso Actual de la Tierras

- La distribución de los diferentes usos de la tierra en la subcuenca responde a las diferentes condiciones climáticas de esta; en especial a los elementos meteorológicos de temperatura y precipitación y de la disponibilidad de humedad en el suelo.
- Entre los principales usos encontrados tenemos: Agrícola, pecuario, forestal y el poblacional. Predomina el uso pecuario ocupando aproximadamente el 42% de la subcuenca, mientras que los usos agrícola el 30% y el forestal que abarca el 24%, aproximadamente.



- En Otros Usos destaca el Poblacional Rural, pero que no son representados cartográficamente, pero son muy importantes en el desarrollo de las actividades de la zona.
- El uso agrícola presenta una sectorización bien marcada la cual responde a las condiciones climáticas, las que también han condicionado las actividades del poblador local; así tenemos una explotación agrícola intensa en la subcuenca baja hasta los 500 m.s.n.m, una explotación moderada en la subcuenca media entre los 800 y 2 500 m.s.n.m.
- La actividad pecuaria es dependiente de la disponibilidad de pastos y estos de las lluvias, ocurriendo sólo el *pastoreo temporal* por debajo de los 500 m.s.n.m.
- El uso forestal en la Subcuenca es desproporcional con el potencial del recurso en la Subcuenca; ya que este se da sobre el ecosistema de bosque seco considerado muy frágil, con pocas posibilidades de regeneración.
- Es importante destacar el uso “minero” no encontrado en la subcuenca, por lo que se podría considerar a esta como una cuenca “limpia” libre de residuos mineros y con amplias posibilidades de ubicación de productos agrícolas limpios en el mercado exterior.

#### 5.1.7 Vulnerabilidad Actual de los Cultivos del Área de Interés

- Se encuentran las mejores tierras y clima para los cultivo de frutales mango y limón para exportación. El potencial es aun muy grande, pero se tiene que continuar con la mejora de la tecnología en el cultivo de mango (nuevas variedades, nutrición mineral, fitoreguladores, manejo integrado de plagas); el cultivo de limón debe mejorar sus niveles de tecnología actual para poder incrementar la oferta exportable.
- El cultivo de arroz en esta zona ocupa demasiado territorio gastando demasiada agua del reservorio San Lorenzo, (18 000 m<sup>3</sup>/ha), lo cual es un desperdicio de agua que si podría ser mejor utilizada para la producción frutícola; además este exceso de agua ocasiona lavado de suelos y saliniza el nivel freático que al aflorar en la parte baja degrada los suelos por salinización.
- En esta zona el cultivo de MANGO ha sido calificado como un cultivo que tiene una VULNERABILIDAD MUY ALTA, el cultivo de limón como VULNERABILIDAD MEDIA, el cultivo de maíz de VULNERABILIDAD ALTA y el cultivo de ARROZ como de VULNERABILIDAD BAJA

#### Medidas de adaptación y recomendaciones técnicas para los cultivos de la Subcuenca San Francisco

La principal recomendación en esta área es reducir el área actualmente dedicada al cultivo de arroz, por los impactos negativos que genera este cultivo como la salinización de las tierras de partes mas bajas, el consumo exagerado de agua, aporte de gases invernadero (gases de nitrógeno – N<sub>2</sub>O) por el proceso de desnitrificación que ocurre en suelos permanentemente inundados, para disminuir la quema de miles de toneladas de paja de arroz que incrementan el anhídrido carbónico en la atmósfera.

Continuar con la instalación de sistemas de riego tecnificado para frutales de exportación como mango y limón.

Mejorar la producción de frutales con principios agro-ecológicos o de agricultura sostenible, para tener mayor competitividad.

Exigir que el Ministerio de Agricultura certifique la calidad de plántones de frutales para la instalación de nuevas plantaciones – aspectos fitosanitarios –

Solicitar a SENAMHI que instale una estación automatizada de registro de datos en la zona de Tambo Grande, con la finalidad de poder predecir o pronosticar los daños por anomalías térmicas que se registraran en los próximos años

## 5.2 RECOMENDACIONES

### 5.2.1 Clima y Zonas de Vida

- Se sugiere que se efectúe coordinaciones con el Gobierno Regional de Piura y gobiernos locales implicados a fin de que se efectúe coordinaciones con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, a fin de incorporar estaciones meteorológicas automatizadas o meteorológicas agrícolas en las cuencas de Yapatera y San Francisco, considerando que están no cuentan con dichos observatorios y por ende no tienen información meteorológica. Y en el Bajo Piura complementar las estaciones meteorológicas especialmente cerca del área cercana a Sechura.
- La información meteorológica debe ser accesible para las entidades del estado a fin de generar información de segundo orden de detalle y especializada, por lo que se recomienda que el SENAMHI forme parte de la Presidencia de Consejo de Ministros ó del Ministerio de Agricultura, pero que no este dentro del Ministerio de Defensa.
- Implementar y/o apoyar un Sistema de Alerta Temprana frente a eventos climáticos extremos que influyen negativamente sobre las diversas actividades productivas del ser humano y del mismo, a fin de implementar planes de prevención, mitigación, rehabilitación, recuperación y corrección.
- Implementar un programa de revegetación en las áreas que no tengan conflictos de uso especialmente en el área de interés de Bajo Piura a fin de aprovechar las lluvias excedentes durante la presencia del Fenómeno El Niño.
- En la cuenca alta del río Yapatera es necesario efectuar un estudio agrostológico de los pastizales que se encuentran a fin de determinar la capacidad de carga y la potencialidad del mismo.
- Considerando las características climáticas que presenta las cuencas de los ríos Yapatera y San Francisco es necesario considerar cultivos alternativos como el café y azúcar (panela) para exportación. Teniendo como antecedente lo efectuado por la Central Peruana de Cafetaleros – CEPICAFE.

### 5.2.2 Hidrología

- Crear un comité de Vigilancia para prevenir y/o controlar las emergencias generadas por el Fenómeno de El Niño, integrado por representantes de los sectores productivos, de gobierno, ONGS y Agencias de Cooperación Internacional.
- Desarrollar planes de Mantenimiento de la infraestructura hidráulica y del cauce de los ríos y quebradas.
- Construir pequeñas presas de retención de sedimentos a lo largo de las quebradas tributarias de los ríos afluentes de río San Francisco.
- Formar comités distritales y provinciales para el desarrollo físico de las tierras localizadas en la zona de vulnerabilidad a la erosión hídrica.

### 5.2.3 Geología y Geomorfología

- Es importante profundizar las investigaciones geológicas en la parte oriental de la microcuenca, con la finalidad de determinar el verdadero potencial de esta zona.
- Realizar estudios de dinámica fluvial en la parte baja de la microcuenca, con la finalidad de mejorar el diseño de las obras de infraestructura de riego y protección de terrenos agrícolas, que en épocas de avenida se ven afectadas por inundaciones y colmataciones.

### 5.2.4 Uso Actual de la Tierra

- Es necesario realizar estudios de adaptabilidad de cultivos en la subcuenca para determinar los tipos de cultivo más idóneos en cada piso ecológico, que permita el uso óptimo de las tierras, obtener mejores rendimientos y su adecuación ante la ocurrencia de eventos climáticos especiales.
- Realizar evaluaciones detalladas de potencial de recursos para poder planificar adecuadamente su uso tendiendo al uso sostenido.
- Desarrollar un sistema de comercio de productos agrícolas, por el cual el agricultor pueda obtener un mejor retorno económico que le permita acceder a mejores técnicas de manejo en cualquiera de los usos.

## VI BIBLIOGRAFIA

### 6.1 CLIMA Y ZONAS DE VIDA

- Consejo Transitorio de Administración Regional Región Grau. Oficina Regional de Planificación y Presupuesto – Evaluación de los daños ocasionados por el Fenómeno El Niño (Periodo de emergencia 1998)
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima (Perú). Dirección General de Estudios y Proyectos de Recursos Naturales Mapa de bosques secos del departamento de Piura. -- Lima: DGEP, 1998.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima (Perú). Dirección General de Estudios y Proyectos de Recursos Naturales Inventario y evaluación de recursos naturales de las provincias de Huancabamba y Morropón departamento de Piura. -- Lima: INRENA, 1995.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, INRENA - Mapa Ecológico del Perú. INRENA, Lima, Perú – 1994 – Segunda Edición.
- Proyecto de Desarrollo Rural Integral de la Sierra Central del departamento de Piura. Cuadernos de geografía aplicada: el medio natural, el espacio humano / Proyecto de Desarrollo Rural Integral de la Sierra Central del departamento de Piura. -- Lima : PUC, ORSTOM, 1990
- Atlas regional de Piura /Nicole Bernex de Falen, Bruno Reves. -- 1A. ED. -- Piura: CIPCA, 1988.
- Leslie R. Holdridge – Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica – 1979
- Estudio agrológico detallado del Valle del Alto Piura. -- Lima: Dirección de Preservación y Conservación, 1974. Ministerio de Agricultura.

### 6.2 HIDROLOGÍA

- A CHCHP; IRAGER; PAEN GR. Piura/GTZ “Diagnóstico Zona Alta Cuenca Río Piura con Enfoque de Gestión del Riesgo” Piura, Canchaque 17, 18 y 19 de Setiembre 2003.
- AA CHCHP; IRAGER; PAEN GR. Piura/GTZ “Diagnóstico Zona Media Cuenca Río Piura con Enfoque de Gestión del Riesgo” Piura, Chulucanas -Julio 2003.
- AA CHCHP; IRAGER; PAEN GR. Piura/GTZ “Diagnóstico Zona Baja Cuenca Río Piura con Enfoque de Gestión del Riesgo” Piura, La Unión 20, 21 y 22 de Agosto 2003.
- ATA S.A. “Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas del Ámbito del Proyecto Chira Piura”. Lima 2002.
- ATDR: Alto Piura, “Actualización del Inventario de los Principales Puntos de Captación de Agua para Usos Múltiples Cuenca Alta del Río Piura” Tomos I, II y III. Piura 2003.

- COLPEX PROJECT S.A. “Estudio Técnico Económico del Proyecto de Irrigación e Hidroenergético Alto Piura” Lima 1998.
- CLASS SALZGITTER Estudio Definitivo para la Reconstrucción y la Rehabilitación del Sistema de defensa contra inundaciones en el Bajo Piura. Piura 2001.
- CTAR – Piura. Construcción de Espigones en el Dique de la Margen Izquierda del Río Piura. Tramo I: Puente Independencia – Chato Grande. Piura 2000.
- CTAR – Piura “Evaluación de los daños ocasionados por el Fenómeno El Niño” En el Periodo de Emergencia 1998” Piura 1999.
- IRAGER, AACHCHP, PAEN CTAR Piura/GTZ “Gestión de la Cuenca del Río Piura” Piura, Setiembre 2002.
- LINSLEY, RAY K. – FRANZINI, JOSEPH B. “Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, 1981, – 3ª Reimpresión – Editorial C.E.C.S.A.
- LINSLEY, RAY K.; MAX A. KOHLER; JOSEPH L.H. PAULHUS, “Hidrología para Ingenieros” – 1978 - Segunda Edición – Editorial MCGRAW – HILL, Colombia.
- LUQUE, JORGE ALFREDO “Hidrología Agrícola”, 1981, – Editorial Hemisferio Sur – B.A. Argentina
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES – ONERN “Inventario de las Aguas Superficiales del Perú”, 1980.
- PAEN- CTAR Piura/GTZ “Control de avenidas en el Río Pira para evitar inundaciones en eventos pluviales extremos” Piura 2001.
- Palacios H. Pedro; Frías Q. Julio “Situación Actual de la Gestión del Agua de Riego en la Comunidad Campesina de Andanjo Valle del Alto Piura”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Lambayeque 1996.
- Proyecto Especial Chira – Piura “Diagnóstico de la Gestión de la Oferta de Agua: Cuencas Chira – Piura”. Piura 2001
- Saavedra N. Eduardo. “El Medio Ambiente y los Recursos Naturales renovables más importantes de las subcuencas del Alto Piura (Bigote, Canchaque – Pata y Huarmaca)”. Lima 1991.
- TAHAL ASCOSES. “Mejoramiento y regulación del Riego en el Alto Piura”. Piura 1998.