



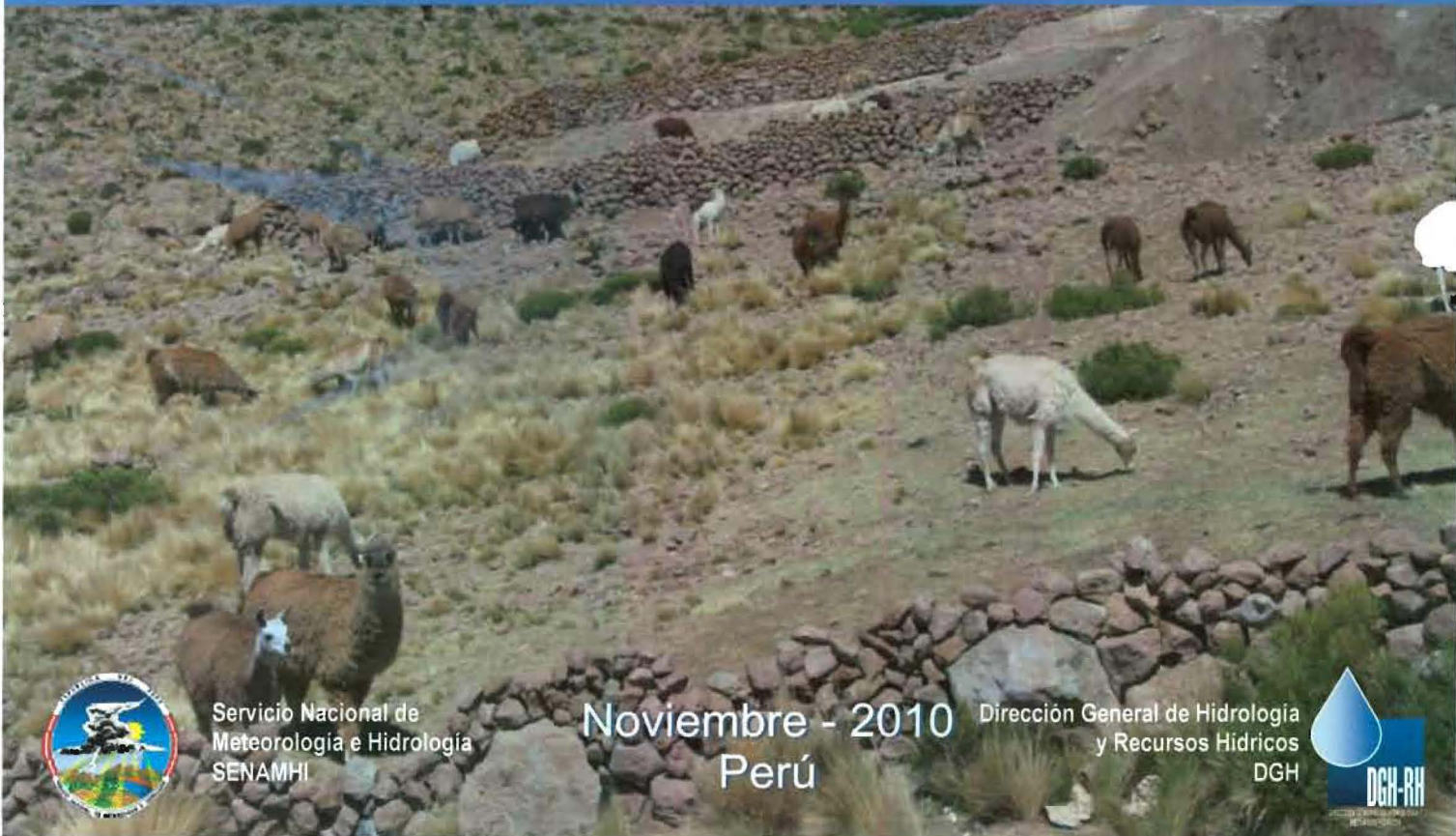
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI



# VIGILANCIA DE LA SEQUÍA HIDROLÓGICA EN LAS CUENCAS DE LAS REGIONES DE AREQUIPA, MOQUEGUA Y TACNA



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología  
SENAMHI

Noviembre - 2010  
Perú

Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos  
DGH







*Servicio Nacional de Meteorología e  
Hidrología*



*Dirección General de Hidrología  
y Recursos Hídricos*

**Presidente Ejecutivo del SENAMHI  
Mayor General FAP (r) WILAR GAMARRA MOLINA**

**Directora Científica  
Ph.D. ELIZABETH SILVESTRE ESPINOZA**

**Director General de Hidrología y Recursos Hídricos  
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**

**Director de Hidrología Aplicada  
Ing. Oscar Felipe Obando**

**Elaboración: *Ing. Ricardo Manuel Villasís Cuestas***

**Equipo Técnico: *Ing. Oscar Felipe Obando*  
*Ing. Luis Alberto Metzger Terrazas***

**Colaboración: *Bach. Miriam Casaverde Riveros*  
*Tco. Valeria Mendoza Castañeda***

**Revisión: *Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez***

Diciembre - 2010

**LIMA – PERÚ**

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>II. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>III. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>5</b>
<b>IV. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>6</b>
<b>V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>8</b>
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>VII. TENDENCIA.....</b>	<b>27</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

### LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cuencas de influencia en la región sur .....	<b>6</b>
<b>Tabla 2:</b> Red de Estaciones.....	<b>7</b>
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de los valores SPI y su correspondiente probabilidad de ocurrencia	<b>10</b>
<b>Tabla 4:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 1.....	<b>12</b>
<b>Tabla 5:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 2.....	<b>13</b>
<b>Tabla 6:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 3.....	<b>14</b>
<b>Tabla 7:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 4.....	<b>15</b>
<b>Tabla 8:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 5.....	<b>16</b>
<b>Tabla 9:</b> Precipitación Mensual versus La Normal Histórica en R - 6.....	<b>17</b>
<b>Tabla 10:</b> Patrones de Precipitación Regional para Octubre.....	<b>18</b>
<b>Tabla 11:</b> SPI por Regiones Homogéneas a escalas 3, 6, 12, 24 Meses .....	<b>19</b>
<b>Tabla 12:</b> Características de los SPI en la Región 1 .....	<b>19</b>
<b>Tabla 13:</b> Características de los SPI en la Región 2.....	<b>20</b>
<b>Tabla 14:</b> Características de los SPI en la Región 3 .....	<b>20</b>
<b>Tabla 15:</b> Características de los SPI en la Región 4 .....	<b>20</b>
<b>Tabla 16:</b> Características de los SPI en la Región 5 .....	<b>20</b>

<b>Tabla 17:</b> Características de los SPI en la Región 6.....	21
<b>Tabla 18:</b> Frecuencia de Eventos de Sequías .....	21
<b>Tabla 19:</b> Consolidado de Eventos de Sequías. ....	22
<b>Tabla 20:</b> Distribución de Áreas de Sequedad del Mapa SPI 3M .....	23
<b>Tabla 21:</b> Distribución de Aéreas de Sequedad del Mapa SPI 6M .....	24
<b>Tabla 22:</b> Distribución de Aéreas de Sequedad del Mapa SPI 12M .....	25
<b>Tabla 23:</b> Distribución de Aéreas de Sequedad del Mapa SPI 24M .....	26
<b>Tabla 24:</b> Precipitación promedio Noviembre 2010 versus Normales. ....	27
<b>Tabla 25:</b> Anomalías en las Precipitaciones Acumuladas Regionales .....	27

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Cuencas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna.....	6
<b>Figura 2:</b> Equiprobabilidad de una función gamma ajustada a una distribución normal estándar....	9
<b>Figura 3:</b> Distribución normal estándar, representa el SPI con media "0" y varianza "1" .....	9
<b>Figura 4:</b> Regiones homogéneas de Precipitación en las cuencas de Arequipa, Moquegua y Tacna.....	10
<b>Figura 5:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 1. ....	12
<b>Figura 6:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 2.....	13
<b>Figura 7:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 3.....	14
<b>Figura 8:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 4.....	15
<b>Figura 9:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 5.....	16
<b>Figura 10:</b> Precipitación mensual a Noviembre 2010 versus la Normal en R - 6.....	17
<b>Figura 11:</b> Mapa de Sequías SPI 3M Noviembre 2010.....	22
<b>Figura 12:</b> Mapa de Sequías SPI 6M Noviembre 2010.....	23
<b>Figura 13:</b> Mapa de Sequías SPI 12M Noviembre 2010.....	25
<b>Figura 14:</b> Mapa de Sequías SPI 24M Noviembre 2010.....	26
<b>Figura 15:</b> Precipitación Acumulada Regional versus Normal Histórica.....	28



## VIGILANCIA DE LA SEQUÍA HIDROLÓGICA EN LAS CUENCAS DE LAS REGIONES DE AREQUIPA, MOQUEGUA Y TACNA NOVIEMBRE – 2010

### I. INTRODUCCIÓN

El presente documento Técnico de Vigilancia de la Sequía Hidrológica, brinda información sobre las características del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en cuencas de la zona sur de la vertiente del Pacífico en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, poniendo énfasis en la sequía, la cual es monitoreada a través del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), indicador que permite caracterizar el estado hídrico de las cuencas, a partir de los registros mensuales de precipitación.

La base para el desarrollo operativo de esta actividad, que ejecuta el SENAMHI, a través de su Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos, es la información hidrometeorológica proveniente de la red nacional de estaciones convencionales y automáticas que opera el SENAMHI en estas regiones. Como resultado del análisis de la información se elaboran diversos productos entre los cuales está el presente documento técnico que se pone a disposición de las entidades del Estado y del público en general, para su consulta y/o difusión.

### II. OBJETIVO

Evaluar temporal y espacialmente el comportamiento pluviométrico de las cuencas de estudio, mediante la utilización del Índice de precipitación estandarizado (SPI) a fin de caracterizar el estado hídrico de las cuencas con énfasis en la sequía.

### III. ZONA DE ESTUDIO

El área del estudio integral comprende una extensa zona de la región hidrográfica del Pacífico y abarca una extensión de 106,495 km<sup>2</sup>; está enmarcada entre los paralelos 69° 27' 00" y 74° 59' 00" de longitud oeste; y los meridianos 14° 16' 00" y 18° 21' 00" de latitud sur. La suma total del área de las cuencas de los ríos Ocoña, Camaná-Majes, Caravelí, Chili, Tambo, Ilo-Moquegua, Locumba, Sama y Caplina alcanza los 76 231,70 km<sup>2</sup> (**Tabla 1**).

Política y administrativamente la zona de estudio abarca los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna (**Figura 1**).

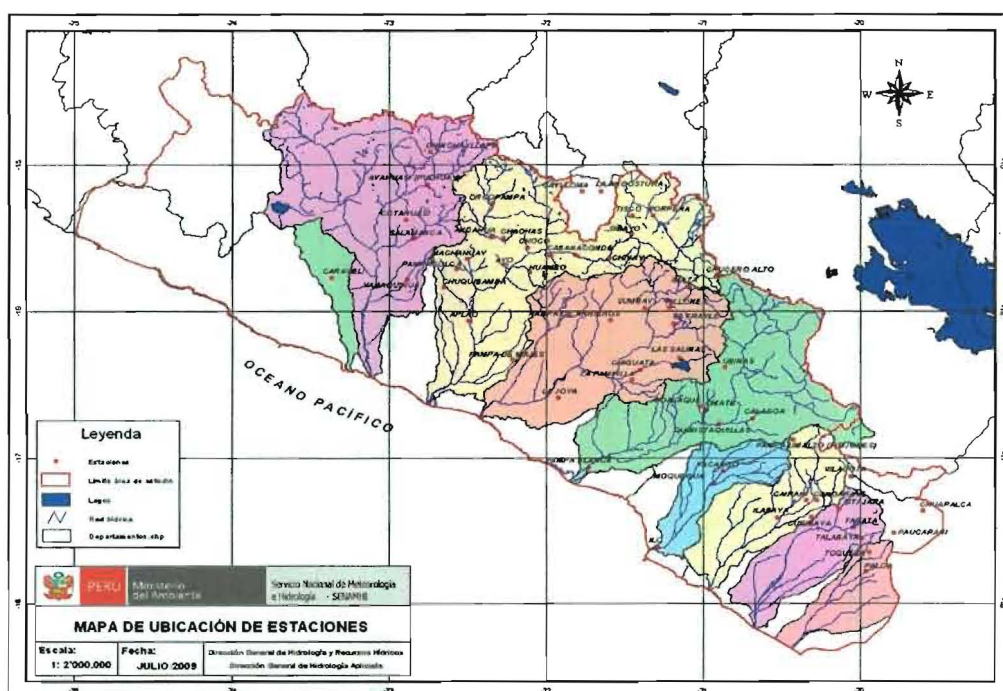
Observamos en la **Tabla 1**, que la cuenca del río Majes es la más grande en cuanto a su área, perímetro y la de mayor longitud del curso principal en el área de estudio.

En contra posición la cuenca del río Caravelí es la más pequeña y la de menor longitud de su curso principal. Las Cuencas en su mayoría según su índice de compacidad son de forma oval a oblonga. Cuyas pendientes del curso principal están entre 2% a 5%.

**Tabla 1.** Cuencas de influencia en la región sur.

Cuencas	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Longitud del río Principal km
Ocoña	15706.39	834.267	256.284
Camana – Majes	16937.64	1035.13	383.616
Caraveli	1935.29	322.20	71.496
Chili	12245.33	633.66	254.988
Tambo	12628.85	800.89	272.592
Ilo – Moquegua	3410.44	375.11	132.948
Locumba	5717.81	460.07	137.052
Sama	4592.47	370.50	147.744
Caplina	3057.48	279.63	98.928

Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.** Cuencas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna

Fuente: Elaboración Propia

## IV. MATERIALES Y EQUIPOS

### 4.1 Datos disponibles

- Base de Datos Access de precipitación mensual, índices de sequías y estaciones pluviométricas, convencionales y sinópticas; actualizadas. La red utilizada se presenta en la **Tabla 2**.
  - Normales históricas de precipitación homogenizadas para el periodo de referencia de Enero 1969 – Noviembre 2010.
  - Datos Climáticos.
- Base de Datos Access de precipitación mensual actualizada, Noviembre 2010 de la DGH - SENAMHI.



- Series de datos mensuales de temperaturas máximas y mínimas DGH del SENAMHI 1964-2009.
- Mapa de Zonas Homogéneas de las cuencas de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Tabla 2. Red de Estaciones

CODIGO	ESTACION	CAT	COND	CUENCA	LONGITUD (Grados)	LATITUD (Grados)	ALTIT (msnm)
007310	ANDAHUA	CO	F	CAMANA	-15.49361	-72.34917	3587.0
000833	APLAO	CO	F	CAMANA	-16.06944	-72.49056	645.0
157326	AYAHUASI	CO	F	OCOÑA	-15.13611	-72.75306	3450.0
157313	AYO	CO	F	CAMANA	-15.67917	-72.27028	1956.0
000795	CABANACONDE	CO	F	CAMANA	-15.61861	-71.96861	3379.0
000746	CARAVELI	CO	F	CARAVELI	-15.77139	-73.36167	1779.0
157312	CHACHAS	PLU	F	CAMANA	-15.49889	-72.26722	3055.0
000847	CHIGUATA	CO	F	QUILCA O CHILI	-16.40028	-71.40028	2900.0
157305	CHINCHAYLLAPA	PLU	F	OCOÑA	-14.91694	-72.73361	4100.0
000758	CHIVAY	CO	F	CAMANA	-15.63806	-71.59694	3633.0
157314	CHOCO	CO	F	CAMANA	-15.56694	-72.11694	2473.0
000750	CHUQUIBAMBA	CO	F	CAMANA	-15.83806	-72.64861	2879.0
000749	COTAHUASI	CO	F	OCOÑA	-15.37472	-72.89111	2683.0
000803	CRUCERO ALTO	CO	F	CAMANA	-15.76694	-70.91694	4470.0
000849	EL FRAYLE	CO	F	QUILCA O CHILI	-16.08472	-71.18722	4060.0
157315	HUAMBO	CO	F	CAMANA	-15.73361	-72.10028	3332.0
000765	IMATA	CO	F	QUILCA O CHILI	-15.83667	-71.08778	4519.0
000753	JANACANCHA	CO	C	QUILCA O CHILI	-15.18361	-71.76694	4405.0
000754	LA ANGOSTURA	CO	F	APURIMAC	-15.17972	-71.64944	4150.0
000804	LA JOYA	MAP	F	QUILCA O CHILI	-16.59250	-71.91917	1292.0
000839	LA PAMPILLA	MAP	F	CAMANA	-16.46694	-71.45028	2400.0
158209	LAS SALINAS	CO	F	QUILCA O CHILI	-16.31806	-71.14833	4310.0
157317	MADRIGAL	CO	F	CAMANA	-15.61667	-71.81167	3262.0
157311	ORCOPAMPA	PLU	F	CAMANA	-15.26083	-72.33889	3779.0
000837	PAMPA BLANCA	CP	F	TAMBO	-17.06861	-71.72278	100.0
158204	PAMPA DE ARRIEROS	CO	F	QUILCA O CHILI	-16.06333	-71.58917	3715.0
000805	PAMPA DE MAJES	MAP	F	CAMANA	-16.32778	-72.21083	1434.0
000751	PAMPACOLCA	CO	F	CAMANA	-15.71417	-72.56750	2950.0
158208	PILLONES	CO	F	QUILCA O CHILI	-15.97889	-71.21361	4360.0
157329	PORPERA	CO	F	CAMANA	-15.35028	-71.31694	4195.0
000801	SALAMANCA	CO	F	OCOÑA	-15.50028	-72.83361	3203.0
000755	SIBAYO	CO	F	CAMANA	-15.47056	-71.45167	3810.0
157328	SUMBAY	CO	F	QUILCA O CHILI	-15.98361	-71.36694	4172.0
157325	TISCO	CO	F	CAMANA	-15.35028	-71.45028	4175.0
000864	YANAQUIHUA	CO	F	OCOÑA	-15.78333	-72.88250	3130.0
007308	MACHAHUAY	CO	F	CAMANA	-15.64528	-72.50222	3150.0
158313	CAIRANI	SI6	F	LOCUMBA	-70.20178	-17.17245	3443.0
000876	CANDARAVE	SI6	F	LOCUMBA	-70.16218	-17.17262	3415.0
000860	CHUAPALCA	SI8	F	MAURE	-69.35450	-17.21500	4250.0
000863	ILABAYA	SI6	F	LOCUMBA	-70.31360	-17.24440	1425.0
158321	PALCA	SI6	F	CAPLINA	-69.57273	-17.46393	3023.0
000854	PAUCARANI	SI8	P	MAURE	-69.47000	-17.31000	4600.0
158318	SITAJARA	SI6	F	SAMA	-70.07562	-17.21159	3166.0
158323	TALABAYA	SI6	F	SAMA	-69.59156	-17.33045	3409.0
000877	TARATA	SI6	F	SAMA	-70.02096	-17.28450	3175.0
158325	TOQUELA	SI6	F	CAPLINA	-69.56214	-17.38593	3650.0
000861	VILACOTA	SI8	F	MAURE	-70.03052	-17.07430	4390.0
000840	ILO	CO3	F	ILO-MOQUEGUA	-71.17000	-17.37000	80.0
000874	MOQUEGUA	SI6	F	ILO-MOQUEGUA	-70.55504	-17.10314	1420.0
000850	OMATE	SI6	F	TAMBO	-70.58436	-16.40295	2166.0
158309	PAMPA UMALZO	SI6	F	LOCUMBA	-70.25238	-16.52290	4609.0
158301	QUINISTAQUILLAS	SI6	F	TAMBO	-70.53494	-16.46086	1765.0
000851	UBINAS	SI6	F	TAMBO	-70.51230	-16.22560	3370.0
000852	YACANGO	SI6	F	ILO-MOQUEGUA	-70.51569	-17.05367	2191.0
158308	CALACOA	PLU	F	TAMBO	-70.68275	-16.73489	3478.0

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Software utilizado

- Microsoft Office 2007: Excel, Access y Word
- Programa Minitab 15
- Arc view 3.3 y extensiones
- Programa Hidroaccess 4.3, del Instituto Francés para el desarrollo (IRD).
- Programa Fortran "Spinder x4", adaptación 2010 del programa SPI del Centro Nacional de Mitigación de Sequías de la Universidad de Nebraska.
- AutocadLand 2009 y AutocadMap 3D 2009.

## V. METODOLOGÍA

### 5.1 Análisis de Precipitación

Comprende desde la fase de generación de la base de datos, procesamiento, automatización y control de calidad de las series de precipitación, a través de un análisis exploratorio de datos, con ayuda del Minitab 15. Un segundo nivel de análisis, fue la consistencia de las 55 series de precipitación; utilizando el método gráfico de doble masa, con el fin de determinar los periodos dudosos y confiables de la data para su corrección y uniformidad.

### 5.2 Análisis de sequías y de excesos hídricos Regional

En esta etapa, se desarrollaron las siguientes actividades:

- a) Preparación de Datos  
Elaboración de los archivos de entrada de precipitación mensual, tipo texto por estación para programa Fortran, Spinder x4.
- b) Determinación de SPI  
Cálculo de los SPI escalas de 3, 6, 12 y 24 meses mediante el programa Fortran Spinderx4 por cada estación pluviométrica.
- c) Conversión de Archivos a Excel y Clasificación de SPI por Regiones  
Conversión de los archivos obtenidos de formato texto a Excel y clasificación en subdirectorios SPI por regiones (R-1, R-2, R-6).
- d) Determinación de los SPI Promedios por Región  
Mediante funciones del Excel, se determinaron los promedios de SPI para cada una de las regiones homogéneas.
- e) Análisis Regional
  - Selección y cuantificación de eventos secos y húmedos.
  - Determinación de la frecuencia de eventos secos y húmedos.
  - Identificación de períodos de máximas secos y húmedos.
  - Identificación de SPI extremos (máximos y mínimos) temporales.
  - Identificación, descripción, ubicación y cuantificación de las superficies de sequedad por categorías.



### 5.3 Aspectos Conceptuales

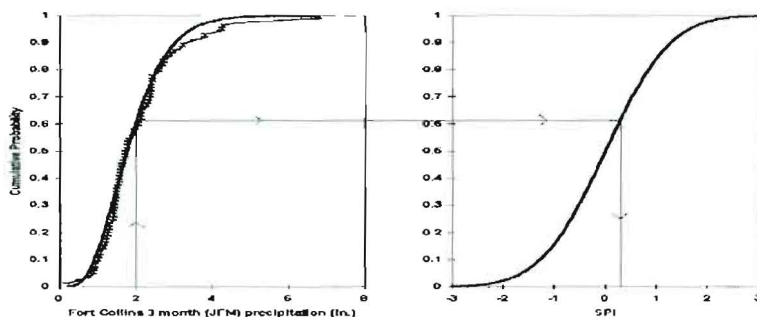
#### Método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Más conocido como SPI por su acrónimo en inglés (Standardized Precipitation Index) fue desarrollado por McKee et al. (1993 y 1995) para conseguir una adecuada identificación de los periodos anormalmente secos y húmedos de forma más precisa que el índice Palmer.

La fuente de información básica para obtener el SPI debe ser una serie homogénea de precipitaciones mensuales de al menos 30 años de duración (Wu et al., 2001).

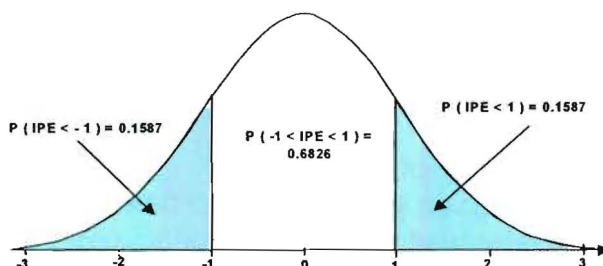
El cálculo del SPI comprende primeramente el ajuste a la fdp gamma del registro de precipitación para cada estación meteorológica. Posteriormente los valores ajustados se transforman a la fdp normal, con media cero y varianza uno, que representa el valor del SPI.

Esta estandarización de la variable aleatoria se basa en el principio de equiprobabilidad, el cual establece que el valor de la función de distribución probabilidad para un valor dado de la variable aleatoria es el mismo para la variable original que para la transformada (Figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Equiprobabilidad de una función Gamma ajustada a una distribución normal estándar.

Fuente: Israel Velasco, Javier Aparicio, otros, 2004



**Figura 3.** Distribución normal estándar, SPI con media "0" y varianza "1".

Fuente: Israel Velasco, Javier Aparicio, otros, 2004

En la **Tabla 3**, se detalla las categorías de SPI según el grado de sequedad y su probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 3.** Clasificación de los valores SPI y su correspondiente probabilidad de ocurrencia

Valores de SPI	Categoría de Sequedad	Ocurrencia
2,0 a Más	Extremadamente húmedo	2,3 %
1,5 a 1,9	Muy húmedo	4,4 %
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo	9,2 %
-0,9 a 0,9	Cerca de lo normal	68,2 %
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco	9,2 %
-1,5 a -1,9	Severamente seco	4,4 %
-2,0 a menos	Extremadamente seco	2,3 %

Fuente: Hayes 1999

Una de las principales características de las sequías es el cambio en su frecuencia a diferentes escalas temporales de análisis (Komuscu, 1999); y una de las ventajas del SPI es que permite identificar los periodos secos y húmedos con un amplio espectro de escalas temporales que van desde 1 a 72 meses (Edwards y McKee, 1997). A escalas temporales largas los periodos secos son menos frecuentes pero más duraderos. A escalas temporales cortas (3 meses) la frecuencia de estos periodos se incrementa, pero su duración desciende.

Las ventajas son múltiples, ya que se puede computar a diferentes escalas temporales, es muy adecuado para el seguimiento espacial de las sequías en tiempo real y determina la intensidad con la que la sequía está teniendo lugar.



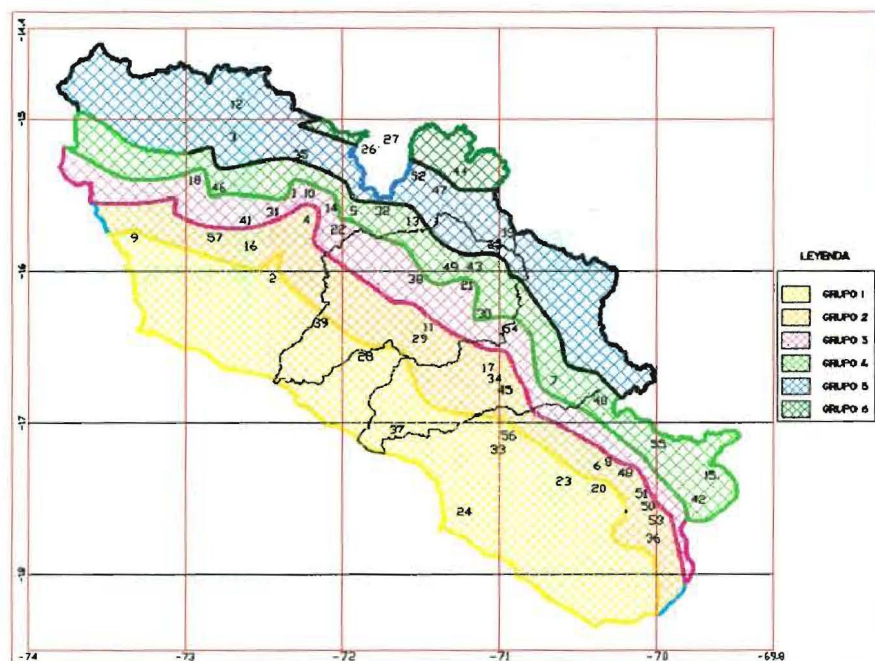
## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Características hidroclimáticas de las cuencas de Estudio

#### 6.1.1 Cuencas Ocoña, Caravelí, Camaná-Majes, Chili, Tambo, Ilo-Moquegua, Locumba, Sama y Caplina.

Estudios de sequias realizados por el SENAMHI en el 2009, mediante la regionalización de la precipitación en las cuencas de Arequipa, Moquegua y Tacna desde Caplina hasta Ocoña, se identificaron 6 zonas de comportamiento homogéneo de la precipitación con características diferenciadas que indican la variabilidad espacial de la precipitación en toda el área de estudio (**Figura 4**).

La descripción general de cada una de estas regiones pluviométricas, se indican a continuación:



**Figura 4.** Regiones homogéneas de precipitación en las cuencas de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Fuente: Elaboración Propia

#### Región 1 (R – 1)

Se extiende en las cuencas bajas de los ríos Caravelí, Ocoña, Camaná-Majes, Quilca-Chili, Tambo, Ilo-Moquegua, Locumba, Sama y Caplina; en una superficie de 29665 km<sup>2</sup>. Los niveles altitudinales referenciales de esta región pluviométrica están comprendidos entre 0 y 1800 msnm.

La precipitación promedio anual obtenida es 14,2 mm. Según las series de tiempo (1969-2008), las temperaturas máximas mensuales de la estación Caravelí, los promedios obtenidos varían entre 28,5 °C en Octubre y 27,0

°C en Febrero. La clasificación climática de zonas de vida esta Región es un clima: Desierto desecado – subtropical (dd-s).

La **Tabla 4**, detalla que la precipitación promedio de Noviembre en la región 1, representa un valor que está por debajo de su normal en 86%. Asimismo, observamos que el acumulado de la precipitación a este mes del presente año, está a un 77% por debajo de su valor normal.

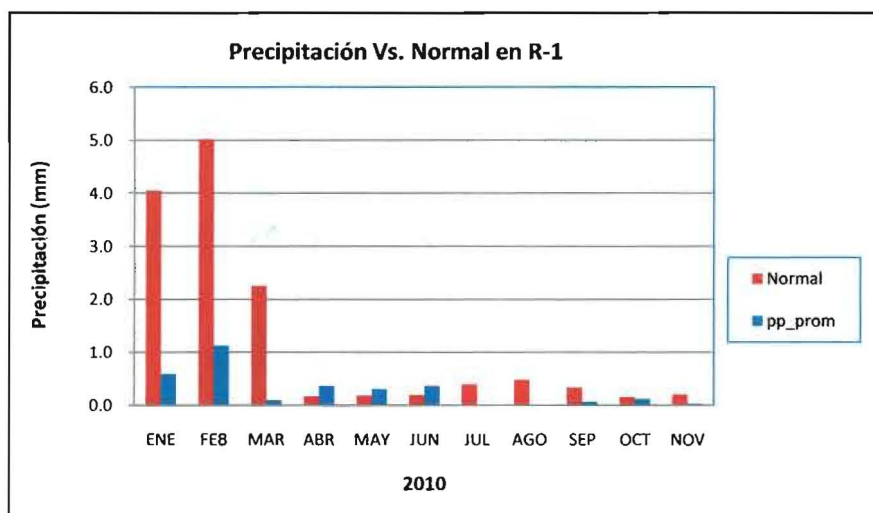
**Tabla 4.** Precipitación Mensual Vs. La Normal en R-1

PRECIPITACION	MES del 2010											TOTAL ACUMULADO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
PROMEDIO	0.59	1.13	0.10	0.37	0.31	0.37	0.00	0.00	0.07	0.12	0.03	3.09
NORMAL HISTORICO	4.05	5.02	2.26	0.17	0.18	0.19	0.40	0.48	0.34	0.16	0.21	13.46
ANOMALIA (mm)	-3.46	-3.89	-2.16	0.20	0.13	0.18	-0.40	-0.48	-0.27	-0.04	-0.18	-10.37
ANOMALIA %	-85	-78	-96	120	69	94	-100	-100	-79	-25	-86	-77

Fuente: Elaboración Propia.

La **Figura 5**, muestra las gráficas comparativas de la precipitación promedio mensual durante el año hidrológico versus su normal, observándose que el aporte de la precipitación, muestra un régimen variable con valores deficitarios superiores al 75% en el período: Enero, Marzo, Julio, Agosto, Setiembre y Noviembre.

Para Noviembre, se aprecia que el aporte de precipitación registrada es deficitario (86%), manteniéndose la tendencia hidrológica deficitaria.



**Figura 5.** Precipitación a Noviembre 2010 versus su Normal en R-1.

Fuente: Elaboración propia

## Región 2 (R-2)

Se extiende parcialmente en las cuencas de los ríos Caravelí, Ocoña, Camaná-Majes, Quilca-Chili, Tambo, Ilo-Moquegua, Locumba, Sama y Caplina; en una superficie de 15265 km<sup>2</sup>. Los niveles altitudinales referenciales están comprendidos entre 1800 y 2800 msnm.



La Precipitación promedio anual obtenida es 135.11 mm. Según las series de tiempo (1969-2008) de temperaturas máximas mensuales de la estación La Pampilla los promedios obtenidos son de 22,0 °C en Enero y Febrero. La clasificación de zonas de vida de esta región es la de Matorral desértico-templado (md-tc) con un clima árido templado cálido.

El **Tabla 5**, el valor de la precipitación promedio de Noviembre está a 100% por debajo de su valor histórico normal. Observamos además que el acumulado de la precipitación hasta este mes, es 72% y está por debajo de su normal acumulada.

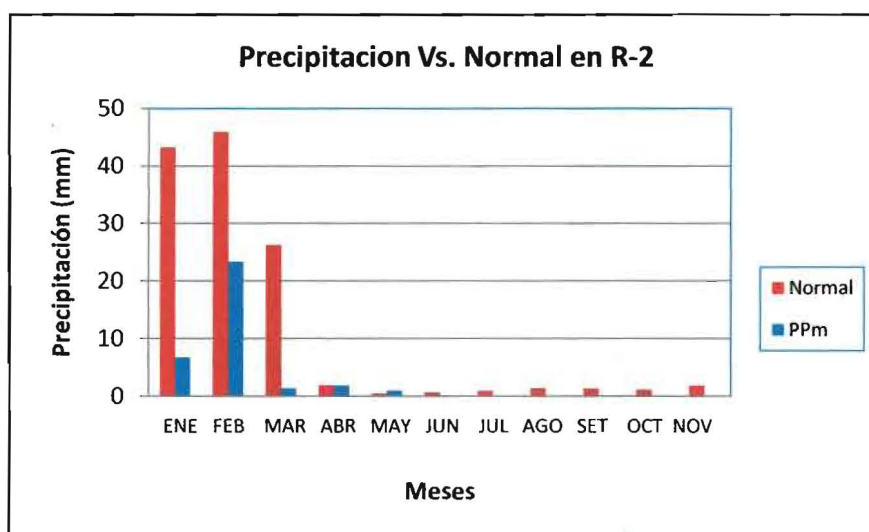
**Tabla 5.** Precipitación Mensual vs La Normal en R – 2

PRECIPITACION	MES											TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ACUMULADO
PROMEDIO	6.71	23.34	1.42	1.86	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	34.46
NORMAL HISTORICO	43.28	45.99	26.28	1.91	0.49	0.67	0.95	1.38	1.35	1.14	1.82	125.26
ANOMALIA (mm)	-36.57	-22.65	-24.86	-0.05	0.50	-0.67	-0.95	-1.38	-1.35	-1.01	-1.82	-90.80
ANOMALIA %	-84	-49	-95	-3	102	-100	-100	-100	-100	-89	-100	-72

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 6**, muestra las gráficas comparativas de la precipitación promedio mensual versus su normal histórica, observándose que el aporte de la precipitación en el año 2010, muestra un régimen variable y con valores deficitarios superiores al 75% en el período: Enero, Marzo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre.

Para Noviembre, se aprecia que el aporte de precipitación registrado es deficitario (100%), manteniendo la tendencia hidrológica que ha caracterizado a esta región según los aportes de precipitación.



**Figura 6** Precipitación a Noviembre 2010 versus su Normal en R-2

Fuente: Elaboración Propia

### Región 3 (R-3)

Se extiende sobre las cuencas de los ríos Caravelí en su zona norte, Ocoña, Camaná-Majes, Quilca-Chili, Tambo en su zona central, Ilo-Moquegua, y Locumba en su zona nor-este; Sama y Caplina en su zona este. La superficie de esta región es 11271 km<sup>2</sup>. Los niveles altitudinales referenciales están comprendidos entre los 2800 y 3800 msnm. La precipitación promedio anual obtenida es 263,6 mm.

Según las series de tiempo de temperaturas máximas mensuales de la estación El Frayle los promedios varían entre 14,7 °C en Noviembre a 12,0 °C en Julio. La clasificación de zonas de vida de esta región son: Matorral Desértico Montano Bajo (md-MB) de clima árido templado y Matorral Desértico Montano (md-M) con un clima árido a semi-árido.

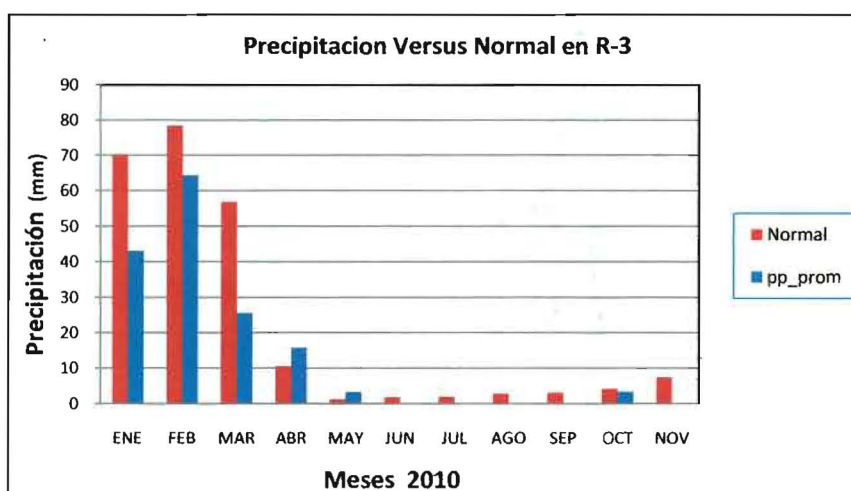
En la **Tabla 6**, se observa que la precipitación promedio de Noviembre en la región 3, está por debajo de su histórico normal en 98%. Asimismo el acumulado de precipitación está en 35% por debajo de su normal.

**Tabla 6.** Precipitación Mensual vs La Normal en Región 3

PRECIPITACION	MES											TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ACUMULADO
PROMEDIO	43.1	64.3	25.5	15.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.1	3.3	0.2	155.44
NORMAL HISTORICO	70.3	78.4	56.8	10.6	1.3	1.8	1.9	2.8	3.1	4.2	7.4	231.17
ANOMALIA (mm)	-27.3	-14.1	-31.3	5.3	2.0	-1.8	-1.8	-2.8	-2.9	-0.8	-7.2	-75.72
ANOMALIA %	-39	-18	-55	50	157	-100	-99	-100	-96	-20	-98	-33

Fuente: Elaboración Propia

La **Figura 7**, muestra las gráficas comparativas de la precipitación promedio mensual versus su normal histórica, observándose que el aporte de la precipitación en el año hidrológico, muestra un régimen variable con valores deficitarios superiores al 75% en el periodo: Junio, Julio, Agosto, Setiembre y Noviembre.



**Figura 7.** Precipitación a Noviembre 2010 versus su Normal en R-3

Fuente: Elaboración propia



Para Noviembre, se aprecia que el aporte de precipitación es deficitario (98%), manteniendo la tendencia hidrológica en déficit que ha caracterizado a esta región en su precipitación.

#### Región 4 (R-4)

Se extiende sobre las cuencas de los ríos Ocoña y Majes en su zona central norte, Quilca-Chili y Tambo en su zona Nor-este, Locumba y Sama en su zona este y con la cuenca del Maure en su zona sur. La superficie de esta región es 13134 km<sup>2</sup> y sus niveles altitudinales referenciales están comprendidos entre los 3800 y 4000 msnm.

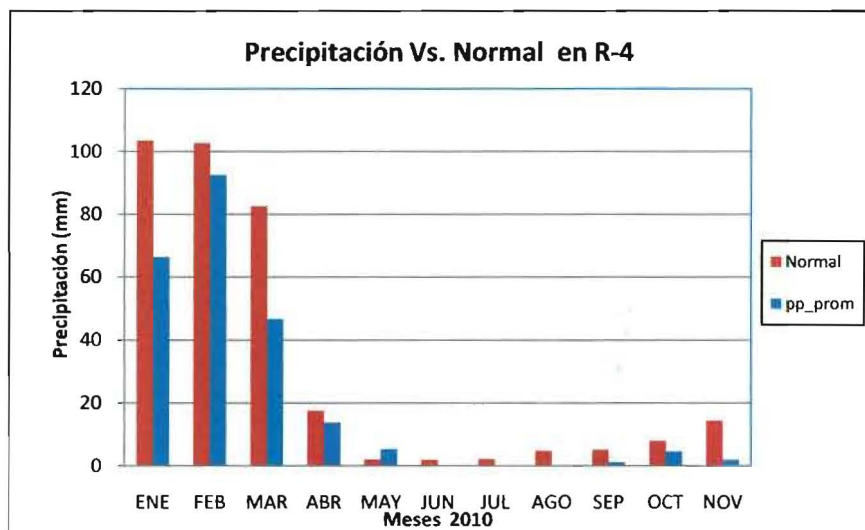
La precipitación promedio anual alcanza los 388.5 mm. Según las series de tiempo de temperaturas máximas mensuales de la estación Chivay los promedios obtenidos varían de 20,5 °C en Noviembre y 18,0 °C en Enero. La clasificación de zonas de vida de esta región es de tipo Estepa – Montano Subtropical (e-MS) de clima subhúmedo-templado-frío.

En la **Tabla 7**, se observa que la precipitación promedio de Noviembre en la región 4, está por debajo de su histórico normal en 86%. Asimismo el acumulado de precipitación está a 33% por debajo de su normal.

**Tabla 7.** Precipitación Mensual vs La Normal en Región 4

PRECIPITACION	MES											TOTAL ACUMULADO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
PROMEDIO	66.5	92.6	46.7	13.8	5.3	0.0	0.1	0.1	1.1	4.6	2.0	232.6
NORMAL HISTORICO	103.6	102.8	82.6	17.5	2.1	1.9	2.2	4.8	5.1	7.9	14.4	345.0
ANOMALIA (mm)	-37.1	-10.2	-35.9	-3.8	3.2	-1.9	-2.1	-4.7	-4.0	-3.4	-12.4	-112.4
ANOMALIA %	-36	-10	-44	-22	155	-100	-97	-98	-78	-42	-86	-33

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 8.** Precipitación para Noviembre 2010 vs Normal en R- 4

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 8**, muestra la gráfica comparativa de la precipitación promedio mensual, con su normal, observándose que gran parte del año 2010 se ha mantenido una deficiencia en el aporte de precipitación; sin embargo, en los meses de Febrero, Abril y Mayo, se registraron aportes importantes de precipitación.

### Región 5 (R-5)

Se extiende sobre las cuencas de los ríos Ocoña en su zona norte, Camaná-Majes en su zona nor-este y Quilca-Chili en su zona este.

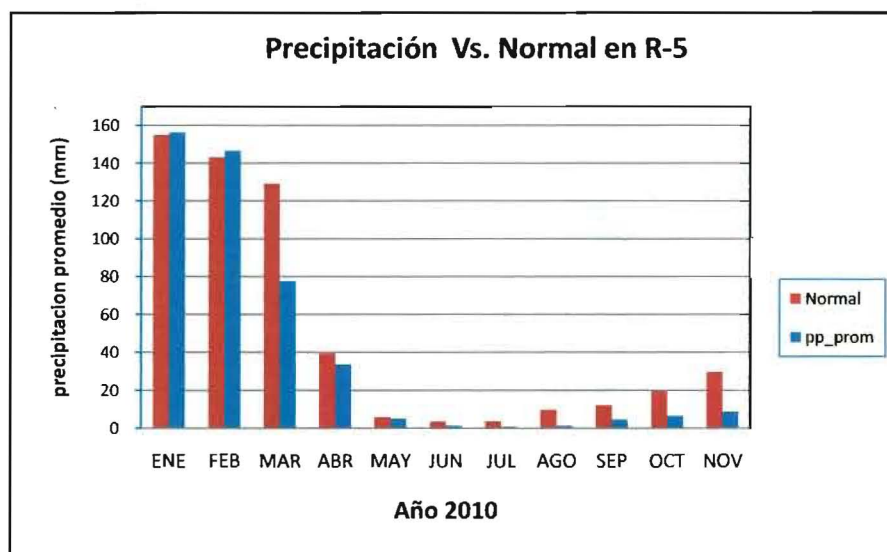
La superficie de esta región es 18116 km<sup>2</sup> y sus niveles altitudinales referenciales están comprendidos entre los 4000 y 4400 msnm. La precipitación promedio anual determinada es 622.1 mm y de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de esta región es de tipo Páramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh-SaS) y presenta un clima perhúmedo-Frío.

En la **Tabla 8**, la precipitación promedio de Noviembre respecto a su normal en la región 5 presenta un valor por debajo de su histórico en 70%. Asimismo observamos que el acumulado de precipitación alcanzado, durante el año 2010 representa una anomalía del 18%.

**Tabla 8.** Precipitación Mensual Vs. La Normal en Región 5

PRECIPITACION	MESES del 2010											TOTAL ACUMULADO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
PROMEDIO	156.2	146.6	77.6	33.6	5.1	1.4	0.8	1.3	4.5	6.6	8.8	442.5
NORMAL HISTORICO	155.0	143.3	129.2	39.4	5.8	3.5	3.7	9.7	12.2	19.6	29.7	551.1
ANOMALIA (mm)	1.2	3.3	-51.5	-5.7	-0.7	-2.2	-2.9	-8.5	-7.7	-13.0	-20.9	-108.6
ANOMALIA %	1	2	-40	-15	-13	-62	-78	-87	-63	-66	-70	-19.7

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 9.** Precipitación en Noviembre 2010 versus su Normal en R- 5

Fuente: Elaboración Propia



En la **Figura 9**, muestra la gráfica comparativa de la precipitación promedio mensual, con su normal, observándose que durante el 2010 se aprecia una variabilidad en el aporte de precipitación. Se observa además que en el período Enero, Febrero y Abril, hubo aportes de precipitación significativos.

### Región 6 (R-6)

Se extiende sobre las cuencas de los ríos Camaná-Majes en su zona norte central y con la cuenca del río Apurímac en su zona oeste. La superficie de esta región es 2172 km<sup>2</sup> y sus niveles altitudinales de esta región están comprendidos entre los 4400 msnm y 4600 msnm.

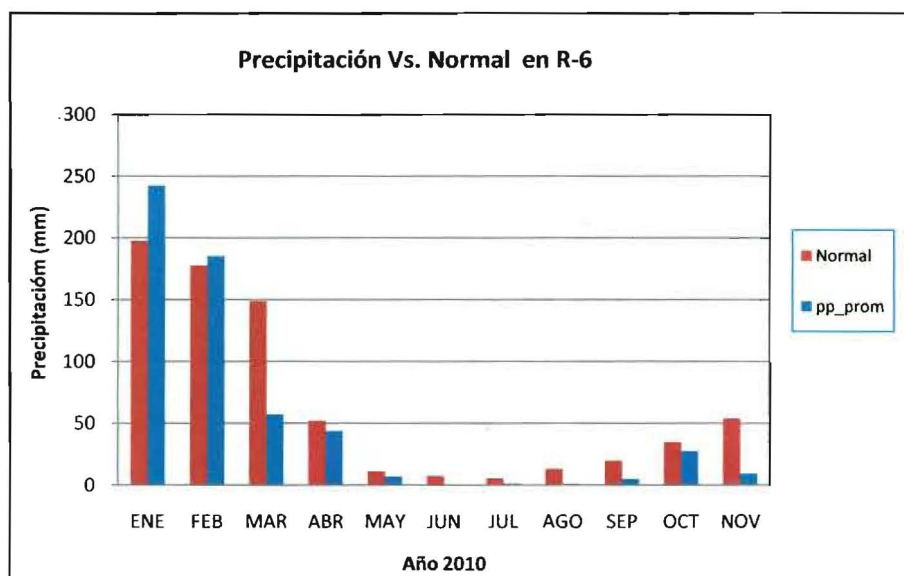
La precipitación promedio anual alcanza los 834,4 mm y de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de esta región, es de tipo Páramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh-SaS) y presenta un clima perhúmedo-frío.

**Tabla 9.** Precipitación Mensual Vs. Normal en Región 6

PRECIPITACION	MESES del 2010											TOTAL ACUMULADO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
PROMEDIO	242.5	185.2	57.3	43.7	7.0	0.6	1.3	1.0	5.0	27.4	9.3	580.3
NORMAL HISTORICO	197.7	177.7	148.7	52.2	11.1	7.1	5.3	13.0	19.7	34.7	53.8	720.9
ANOMALIA (mm)	44.8	7.5	-91.4	-8.5	-4.1	-6.5	-4.1	-12.0	-14.7	-7.3	-44.4	-140.7
ANOMALIA (%)	23	4	-61	-16	-37	-92	-76	-92	-75	-21	-83	-20

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 9**, se observa que la precipitación promedio de Noviembre en la región 6 presenta un valor por debajo de su histórico normal en 83%. Asimismo, el acumulado de la precipitación está a 20% por debajo de su normal acumulada.



**Figura 10.** Precipitación a Noviembre 2010 versus Normal en R- 6.

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 10**, se muestra la gráfica comparativa de la precipitación promedio mensual, con su normal, observándose un comportamiento variable durante el 2010 que registra una anomalía promedio, con deficiencia en el período Marzo, Julio, y Setiembre; y en los meses de Junio, Agosto y Noviembre las anomalía son máximas.

## 6.2 Análisis de Precipitación

Obtenidas las características pluviométricas de las seis (6) regiones, se analizaron en conjunto y se obtuvieron los patrones de precipitaciones de dichas regiones, las que se detallan en la **Tabla 10**.

### 6.2.1 Sequías históricas

Las lluvias en esta región se caracterizan por una marcada variabilidad interanual, donde se alternan períodos de deficiencias y excesos hídricos. Entre el período comprendido de 1969 hasta la fecha, se identificaron dos décadas consecutivas de sequías que se iniciaron en 1979 y culminan en 1998 con una temporalidad de un (1) año.

La Primera década del período 1979-88, se inicia con un comportamiento moderado y se incrementa gradualmente a muy seco. La segunda década del período 1989-98, registro una tendencia creciente hasta ser extremadamente seco.

**Tabla 10.** Patrones de Precipitación Regional

REGION	PATRON DE PRECIPITACION	RANGOS ALTITUD	PP. MEDIA NOVIEMBRE (mm)
1	Pico en Febrero, con lluvias importantes en Enero a Marzo (60%), el resto del año seco.	0 y 1800 msnm	0,0
2	Pico en Febrero, con lluvias importantes de Enero a Marzo (86%), el resto mínimas.	1800 y 2800 msnm	0,0
3	Pico en Febrero, pero con lluvia importantes en Diciembre y Marzo (87%), el resto mínimas.	2800 y 3800 msnm	0,2
4	Pico en Enero, con el mismo comportamiento que el grupo 3. Los máximos valores de precipitación entre Diciembre y Marzo (85%)	3800 y 4000 msnm	1,9
5	Pico en Enero. Los mayores valores de precipitación entre Diciembre a Marzo (80%)	4000 y 4400 msnm	8,8
6	Grupo con los picos máximos de precipitación entre Enero y Febrero. Los mayores valores Diciembre y Marzo (76%)	4400 y 4600 msnm	9,3

Fuente: Elaboración propia

Las sequías tienen un fuerte impacto sobre la economía local y/o regional, afectando las principales actividades productivas como resultado de una limitada disponibilidad hídrica en los ríos y embalses.

## 6.3 Sequías y excesos hídricos Regionales evaluados a Noviembre

### 6.3.1 Análisis de los SPI Regionales

Los SPI obtenidos para cada una de las regiones seleccionadas, y en las diferentes escalas de tiempo, se muestran en la **Tabla 11**, donde



apreciamos un comportamiento variable en el régimen de los valores obtenidos que muestran una tendencia de sequía para Noviembre.

A continuación, se analizaron los eventos secos y húmedos, identificándose los máximos secos y húmedos. Asimismo, los SPI máximos y mínimos por escala de tiempo y las frecuencias de eventos secos y húmedos.

**Tabla 11.** SPI por Regiones Homogéneas a escalas 3, 6, 12, 24 Meses

Id_Station	Región	AÑO	MES	SPI_3M	SPI_6M	SPI_12M	SPI_24M	Id_Station	Región	AÑO	MES	SPI_3M	SPI_6M	SPI_12M	SPI_24M
0000804	1	2010	11	0.79	0.37	-0.18	-0.53	0007308	3	2010	11	-0.72	-1.16	-0.96	-0.23
0000833	1	2010	11	0.97	0.64	-0.20	-0.88	0000749	3	2010	11	-0.63	-0.93	-1.07	-0.98
0000805	1	2010	11	0.50	0.12	-0.30	-0.53	0000851	3	2010	11	-0.59	-0.86	-1.46	-1.97
0000837	1	2010	11	-0.88	-0.96	-0.12	-0.23	0000849	3	2010	11	-0.67	-1.16	0.36	0.74
0000863	1	2010	11	-1.18	-1.47	-1.45	-1.97	0000801	4	2010	11	-1.18	-1.47	-0.24	-0.20
0000874	1	2010	11	-1.18	-1.47	-0.51	-0.84	0158209	4	2010	11	-0.72	-1.01	-1.03	-0.67
0000840	1	2010	11	1.67	2.40	1.05	0.66	0007310	4	2010	11	-0.26	-0.55	-0.99	-0.95
0000746	1	2010	11	0.88	0.50	-1.52	-0.65	0000854	4	2010	11	-0.62	-1.22	-1.09	-1.63
0000852	1	2010	11	NPD	NPD	NPD	NPD	0158309	4	2010	11	-0.66	-0.94	-0.86	-0.44
0000839	2	2010	11	-0.12	-0.50	-1.01	-0.92	0000795	4	2010	11	-0.62	-0.99	-0.46	-0.52
0158321	2	2010	11	0.18	-0.18	-1.31	-2.31	0000860	4	2010	11	-0.79	-1.10	-0.50	-0.23
0157313	2	2010	11	-0.24	-0.64	-0.42	-0.71	0158208	4	2010	11	-1.18	-1.87	-0.29	0.41
0000850	2	2010	11	0.06	-0.30	-0.98	-0.95	0157317	4	2010	11	-0.63	-0.99	-0.33	0.03
0158301	2	2010	11	-0.97	-1.07	-1.60	-1.19	0000758	4	2010	11	-0.62	-0.95	-1.07	-0.48
0158313	2	2010	11	-0.12	-0.59	-1.34	-2.56	0158308	4	2010	11	-0.35	-0.67	-1.57	-2.07
0158318	2	2010	11	0.18	-0.18	-1.47	-1.62	0157328	4	2010	11	-0.10	-0.45	-0.57	-0.89
0158325	2	2010	11	-0.18	-0.79	-0.93	-1.80	0000861	4	2010	11	-1.14	-1.56	-0.70	-0.44
0000864	2	2010	11	-0.12	-0.50	-0.95	-0.65	0157311	4	2010	11	-0.55	-0.78	-1.08	-1.14
0000876	2	2010	11	-1.12	-1.23	-2.02	-0.19	0000765	5	2010	11	-0.52	-0.87	0.15	0.30
0000750	2	2010	11	-0.12	-0.50	-0.91	-0.35	0000803	5	2010	11	-1.34	-1.72	-0.01	-0.22
0000847	2	2010	11	-0.37	-0.71	-2.06	-1.80	0000755	5	2010	11	-0.54	-0.88	-0.32	-0.29
0000877	2	2010	11	0.24	-0.12	-1.27	-0.72	0157326	5	2010	11	-0.66	-1.04	-0.94	-0.73
0158323	2	2010	11	0.00	-0.57	-1.21	-1.57	0157325	5	2010	11	-1.57	-1.54	-0.64	-0.40
0000751	3	2010	11	-0.50	-0.71	-0.39	0.03	0157305	5	2010	11	-0.78	-0.84	-1.17	-0.59
0157314	3	2010	11	-0.41	-0.69	0.27	0.34	0000753	6	2010	11	-1.05	-1.33	-1.43	-1.38
0157312	3	2010	11	-0.22	-0.51	-0.27	-0.35	0000754	6	2010	11	-1.24	-1.57	-1.25	-1.10
0157315	3	2010	11	-0.25	-0.68	-0.57	-0.47	0157329	6	2010	11	-1.20	-1.46	-0.20	-0.30
0158204	3	2010	11	-0.18	-0.50	-1.10	-0.85								

NPD: No Preciso data

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 12**, se muestran los valores máximo (2.4) y mínimo (-2.0) de SPI para las cuatro escalas de tiempo, lo que nos indica un rango de comportamiento de normal a muy seco, en la Región 1.

**Tabla 12.** Características de los SPI en la Región 1

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	1.7	2.4	1.1	0.7
Min	-1.2	-1.5	-1.5	-2.0
Promedio	0.2	0.0	-0.4	-0.6
Categoría	Normal a Moderadamente seco	Normal	Normal a Muy Seco	Normal

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 13**, se aprecian los valores máximo (0,2) y mínimo (-2,6) de SPI; lo que nos ha permitido caracterizar la Región 2, con un comportamiento que varía entre normal a extremadamente seco.

**Tabla 13.** Características de los SPI en la Región 2

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	0.2	-0.1	-0.4	-0.2
Min	-1.1	-1.2	-2.1	-2.6
Promedio	-0.2	-0.6	-1.2	-1.2
Categoría	Normal	Normal	Moderado a extremadamente seco	Normal a Muy Seco

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 14**, se presentan los valores máximo (0,7) y mínimo (-2,0) de SPI, para la Región 3, observándose un comportamiento variable caracterizado entre normal a moderadamente seco.

**Tabla 14.** Características de los SPI en la Región 3

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	-0.2	-0.5	0.4	0.7
Min	-0.7	-1.2	-1.5	-2.0
Promedio	-0.5	-0.8	-0.6	-0.4
Categoría	Normal	Normal	Normal a Moderadamente seco	Normal

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 15**, se muestran los valores máximo (0,4) y mínimo (-2,1) de SPI, para la Región 4, observándose un comportamiento variable caracterizado entre normal a muy seco.

**Tabla 15.** Características de los SPI en la Región 4.

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	-0.1	-0.5	-0.2	0.4
Min	-1.2	-1.9	-1.6	-2.1
Promedio	-0.7	-1.0	-0.8	-0.7
Categoría	Normal	Normal a Moderadam. Seco	Normal a Moderadam. seco	Normal a Muy Seco

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 16**, se aprecian los valores máximo (0,3) y mínimo (-1,7) de SPI, para la Región 5, observándose un comportamiento de normal a muy seco.

**Tabla 16.** Características de los SPI en la Región 5.

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	-0.5	-0.8	0.2	0.3
Min	-1.6	-1.7	-1.2	-0.7
Promedio	-0.9	-1.1	-0.5	-0.3
Categoría	Normal a Moderadam. seco	Normal a Muy seco	Normal	Normal

Fuente: Elaboración propia



La **Tabla 17**, muestra los valores máximo (-0,2) y mínimo (-1,4) de SPI, para la Región 6, caracterizado por un comportamiento moderadamente seco.

**Tabla 17.** Características de los SPI en la Región 6.

Valor / Categoría	ESCALA DE TIEMPO (Meses)			
	3M	6M	12M	24M
Max	-1.1	-1.3	-0.2	-0.3
Min	-1.2	-1.6	-1.4	-1.4
Promedio	-1.2	-1.5	-1.0	-0.9
Categoría	Moderadam. seco	Moderadam. Seco	Moderadam. Seco	Moderadam. Seco

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación de los máximos y mínimos extremos, en las seis (6) regiones homogéneas; la región 2 presenta dos picos de sequías de categoría extremadamente seco, de magnitud -2.1 y -2.6 en las escalas de 12 y 24 meses respectivamente.

Los máximos de humedad alcanzados fueron de 1.7 y 2.4 en la escala de tiempo de 3 y 6 meses respectivamente para la región 1, cuya categoría fue de muy húmedo.

En la **Tabla 18**, muestra la frecuencia de eventos de sequías, por escalas de tiempo; se observa que las regiones 2 y 4, las que concentran la mayoría de eventos secos, ambas regiones tienen una sequedad de normal a muy seco.

**Tabla 18.** Frecuencia de Eventos Sequias

TIPO EVENTO	REGION	ESCALA DE TIEMPO			
		SPI_3M	SPI_6M	SPI_12M	SPI_24M
Seco	1	2	2	2	1
	2	1	2	9	7
	3	0	2	3	1
	4	3	6	5	3
	5	2	3	1	0
	6	3	3	2	2
Normal	1	5	5	5	7
	2	13	12	5	7
	3	9	7	6	8
	4	11	8	9	11
	5	4	3	5	6
	6	0	0	1	1
Húmedo	1	1	1	1	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
TOTAL		54	54	54	54

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, la región 6, cuyos eventos secos presentan una sequedad moderadamente seco. En tercer lugar la regiones 1 y 3, cuyos eventos secos son de moderado a muy seco y finalmente en menor concentración la región 5 cuya sequedad es de normal a muy seco.

La **Tabla 19**, muestra una predominancia de los eventos normales a escalas de 3, 6 y 24 meses, de 78%, 65% y 74% respectivamente, seguido de los eventos secos en las escalas de 6 y 12 meses que llegan a 33% y 41% respectivamente.

Los eventos húmedos se presentan a escalas de 3, 6 y 12 meses, que solo llegan al 2% cada uno.

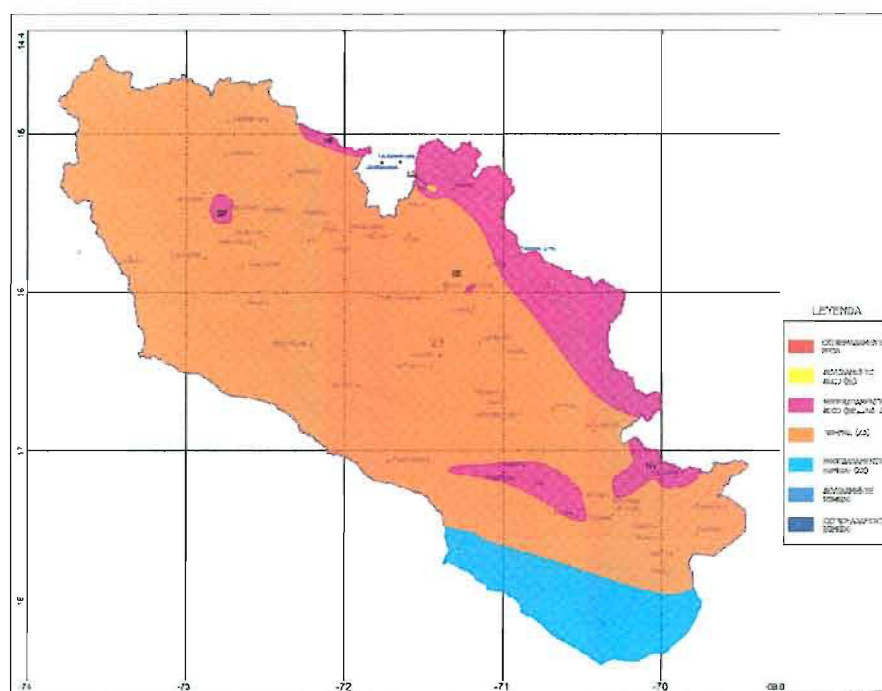
**Tabla 19.** Consolidado de Eventos de sequías

TIPO EVENTO	ESCALA DE TIEMPO							
	SPI 3M		SPI 6M		SPI 12M		SPI 24M	
Seco	11	20	18	33	22	41	14	26
Normal	42	78	35	65	31	57	40	74
Húmedo	1	2	1	2	1	2	0	0
TOTAL	54	100	54	100	54	100	54	100

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.2. Análisis Espacial de las Sequías

En el mapa de sequías, para la escala temporal de 3 meses (**Figura 11**), es predominante en la zona tres (Z3) una sequedad normal; cuya superficie alcanza 71112 km<sup>2</sup> (80,1%) de la zona de estudio y comprende las seis (6) regiones homogéneas.



**Figura 11.** Mapa de Sequías SPI 3M Noviembre 2010

Fuente: Elaboración propia



Se observa seis (6) núcleos (N1,...N6) que se ubican en las Regiones 6, 4 y 1. También encontramos dos zonas (Z1 y Z2) que están comprendidas entre las regiones 1, 5 y 6; se ubican en la parte norte y sur de la zona de estudio.

Los núcleos (N1,...N6) y la zona (Z1) de categoría severa a moderadamente seco cubren 10603 km<sup>2</sup> (11.9%). La zona (Z2) de categoría moderadamente húmedo cubre: 7036 km<sup>2</sup> (7.9%). Ver **Tabla 20**.

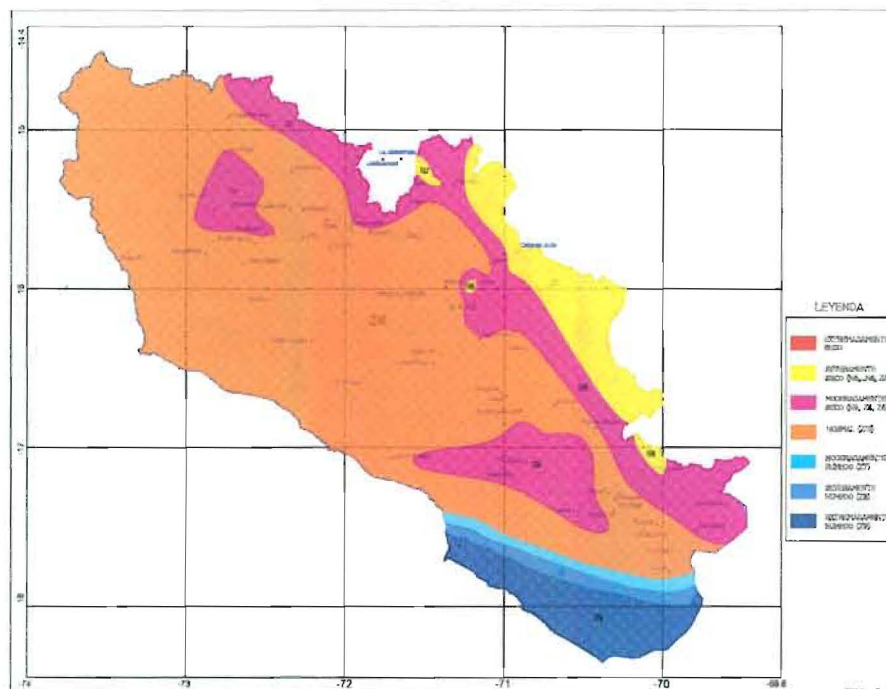
**Tabla 20.** Distribución de Áreas de Sequedad Mapa SPI 3M

Escala Tiempo	Categoría	Zona / Núcleo	Area Km <sup>2</sup>	ZE* (%)
SPI 3M	Severamente seco	N1	9.80	0.0
	Moderadamente Seco	N2	17.73	0.0
		N3	234.91	0.3
		N4	1501.39	1.7
		N5	1047.78	1.2
		N6	289.03	0.3
		Z1	7511.85	8.5
	Moderadamente Húmedo	Z2	7036.42	7.9
	Normal	Z3	71111.91	80.1
TOTAL			88751.0261	100.0

(\*) ZE: Zona de Estudio

Fuente: Elaboración propia

En el mapa de sequías, para la escala temporal de 6 meses (**Figura 12**), se muestra la zona Z10 de condiciones de sequedad normal; abarcando una extensión de 56640 km<sup>2</sup> (63.6%) de la zona de estudio.



**Figura 12.** Mapa de Sequías SPI 6M Noviembre 2010

Fuente: Elaboración propia

Además, se aprecia tres núcleo (N6, N7, N8) y una zona, (Z4) de sequedad severamente seco, un núcleo y dos zonas, (N9, Z5 y Z6) de sequedad moderada; tres zonas (Z9, Z8, Z7) moderadamente a extremadamente húmedo, comprendidas en la regiones 1, 2, 3, ubicadas en la parte sur de la zona de estudio, cubriendo una superficie total de 7970.8 km<sup>2</sup> (9%).

Los núcleos N6, N7, N8 y las zona Z4 de categoría severamente seco comprendidas en las regiones 4, 5 y 6; ubicadas en la parte norte, centro y este de la zona de estudio cubren una superficie total de 6231 km<sup>2</sup> (7%); tal como se observa en la **Tabla 21**.

**Tabla 21.** Distribución de Áreas de Sequedad del Mapa SPI 6M

Escala Tiempo	Categoría	Zona / Núcleo	Area Km <sup>2</sup>	ZE* (%)
SPI 6M	Severamente Seco	N6	45.61	0.1
		N7	194.32	0.2
		N8	284.72	0.3
		Z4	5706.15	6.4
	Moderadamente Seco	N9	1965.73	2.2
		Z5	4497.64	5.1
		Z6	11646.39	13.1
	Extremadamente Húmedo	Z9	5256.03	5.9
	Severamente Húmedo	Z8	1445.05	1.6
	Moderadamente Húmedo	Z7	1269.74	1.4
Normal	Z10	56440.58	63.6	
TOTAL			88751.96	100.0

(\*) ZE: Zona de Estudio

Fuente: Elaboración propia

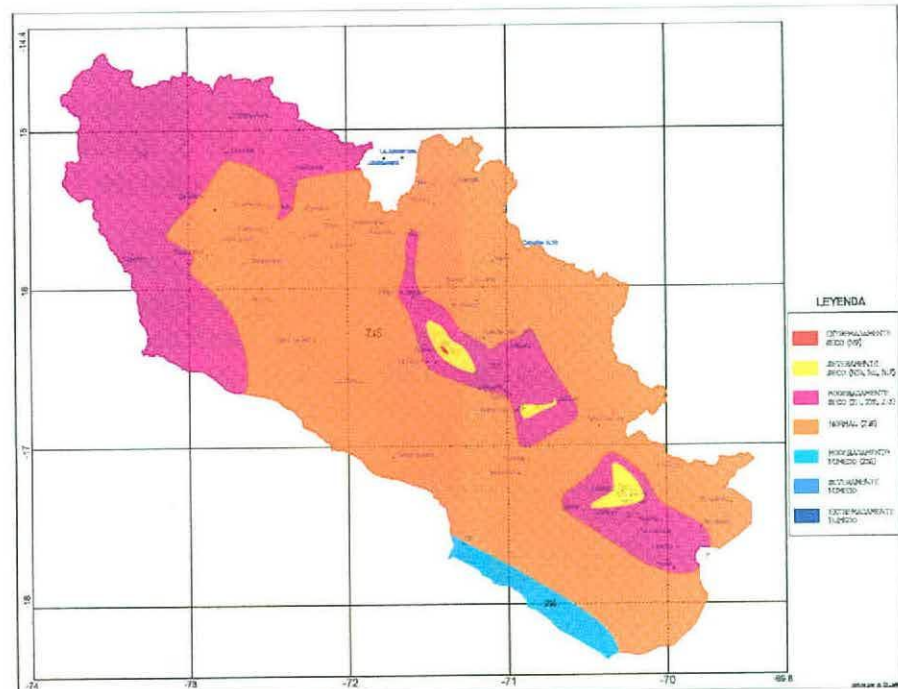
El mapa de sequías, para la escala temporal de 12 meses (**Figura 13**), muestra la zona quince (Z15), que se caracteriza por presentar condiciones normales de sequedad; abarcando una superficie de 57613 km<sup>2</sup> (65%).

Además, se observa un pequeño núcleo (N9) de sequedad extremadamente seco en la región 2 y otros tres (3) núcleos (N10, N11 y N12) comprendidos entre las regiones 2, 3 y 4 de categoría severamente seco ubicados en la parte central, central-sur-este, sur-este de la zona de estudio.

Se aprecian tres (3) zonas (Z11, Z12 y Z13) comprendidos en las regiones 1, 2, 3 4, 5 y 6 de categoría moderadamente seco, ubicados en la parte sur-este, centro y nor-oeste respectivamente de la zona de estudio.

Los núcleos N10 al N12 cubren una superficie de 1240 km<sup>2</sup> (1.4%) y las zonas Z11 al Z13 cubren una superficie de 27922 km<sup>2</sup> (32%), tal como se aprecia de la **Tabla 22**.





**Figura 13.** Mapa de Sequías SPI 12M Noviembre 2010

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** Distribución de Áreas de Sequedad del Mapa SPI 12M

Escala Tiempo	Categoría	Zona / Núcleo	Area Km <sup>2</sup>	ZE* (%)
SPI 12M	Extremadamente Seco	N9	5.95	0.0
	Severamente Seco	N10	556.14	0.6
		N11	171.46	0.2
		N12	512.40	0.6
	Moderadamente Seco	Z11	3785.55	4.3
		Z12	4519.10	5.1
		Z13	19617.10	22.1
Moderadamente Húmedo	Z14	1971.10	2.2	
Normal	Z15	57612.58	64.9	
TOTAL			88751.38	100.0

(\*) ZE: Zona de Estudio

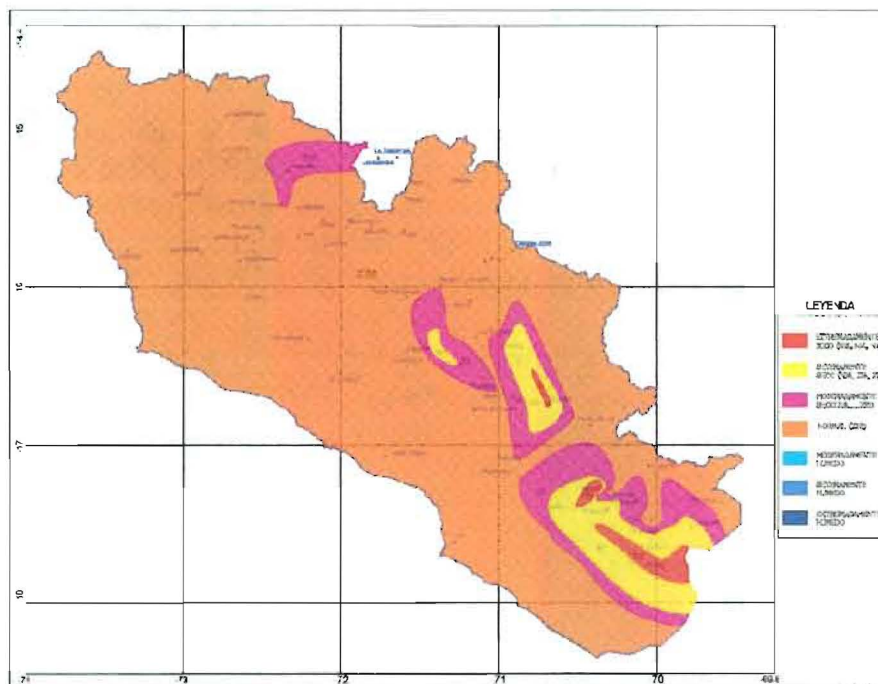
Fuente: Elaboración propia

El mapa de sequías, para la escala temporal de 24 meses, muestra una zona (Z22), de condiciones normales de sequedad cuya superficie abarca 72977 km<sup>2</sup> (82%), como se observa en la **Figura 14**.

En la categoría de extremadamente seco, identificamos tres núcleos (N13 al N15) comprendidos entre las regiones homogéneas 1, 2, 3 y 4 cuya extensión abarca 1173 km<sup>2</sup> (1,3%).

Un núcleo y dos zonas (N16, Z16 y Z17) de sequedad severamente seco; comprendidos en las regiones 2, 3 y 4, ubicadas en la parte central y sur; cuya extensión total alcanza 4512 km<sup>2</sup> (5,1%).

En la categoría de moderadamente seco se aprecia cuatro (4) zonas (Z18 al Z21), comprendidas en todas las regiones y ubicadas al norte, centro y sur-oeste de la zona de estudio, cuya extensión total alcanza 10089 km<sup>2</sup> (11.4%); que comparado con el mapa SP-12 representa una disminución de 20,1%. (Tabla 23).



**Figura 14.** Mapa de Sequías SPI 24M Noviembre 2010  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Distribución de Áreas de Sequedad del Mapa SPI 24M

Escala Tiempo	Categoría	Zona / Núcleo	Area Km <sup>2</sup>	ZE* (%)
SPI 24M	Extremadamente Seco	N13	83.51	0.09
		N14	157.11	0.18
		N15	932.42	1.05
	Severamente Seco	N16	185.81	0.21
		Z16	540.98	0.61
		Z17	3784.97	4.26
	Moderadamente Seco	Z18	1538.60	1.73
		Z19	2715.15	3.06
		Z20	1442.95	1.63
		Z21	4392.78	4.95
Normal	Z22	72976.87	82.23	
TOTAL		88751.14	100.0	

(\*) ZE: Zona de Estudio

Fuente: Elaboración propia



## VII. TENDENCIA

El análisis pluviométrico realizado, para las seis (6) regiones evaluadas, ha permitido determinar una precipitación promedio regional de 3.39 mm para Noviembre.

Se observa además, un déficit de 14,31 mm (-81%), respecto a la normal como se aprecia en la **Tabla 24**, lo que indica aportes pluviométricos mínimos en la zona de estudio.

Se obtuvo la ecuación polinómica de la distribución de precipitación promedio mensual regional, ( $y = -0.2675x^4 + 3.5383x^3 - 15.15x^2 + 25.071x - 13,23$ ) de tendencia creciente para el presente mes y cuyo coeficiente de correlación  $R^2$  es 99%. El análisis de la precipitación promedio de Octubre- Noviembre indica una disminución en -3,6 mm (-51%) respecto a Octubre.

**Tabla 24.** Precipitación Promedio Octubre vs. Normales

REGION	PROMEDIO DE NOVIEMBRE	NORMAL HISTORICA	ANOMALIA	
			(mm)	%
R-1	0.03	0.21	-0.18	-86
R-2	0.00	1.82	-1.82	-100
R-3	0.18	7.41	-7.23	-98
R-4	1.95	14.37	-12.42	-86
R-5	8.82	29.67	-20.85	-70
R-6	9.33	52.71	-43.38	-82
Promedio	3.39	17.70	-14.31	-81
Desv. Estand.	4.47	20.22	-15.75	-78

Fuente: Elaboración propia

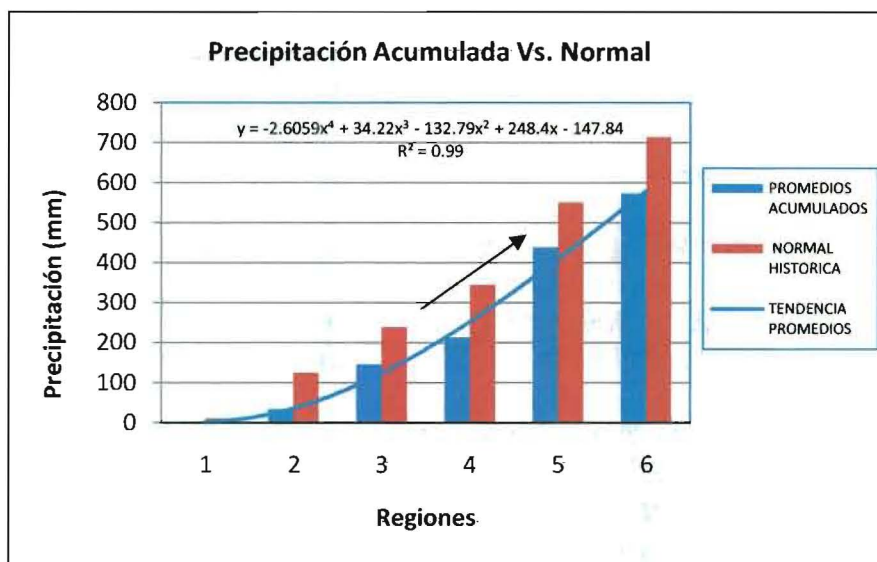
La precipitación acumulada del periodo Enero- Noviembre de 2010, su promedio regional obtenido es 234,7 mm y se observa una anomalía promedio regional de -120,1mm (-36%), respecto a su valor normal (**Tabla 25**).

**Tabla 25.** Anomalías en las precipitaciones Acumuladas Regionales

REGION	PROMEDIOS ACUMULADOS	NORMAL HISTORICA	ANOMALIA	
			(mm)	%
R-1	2.47	11.06	-8.60	-78
R-2	34.46	125.26	-90.80	-72
R-3	145.92	238.64	-92.72	-39
R-4	213.25	344.54	-131.29	-38
R-5	438.60	551.02	-112.43	-20
R-6	573.26	714.85	-141.60	-20
Promedio	234.66	330.90	-120.05	-36
Desv. Estand.	227.41	264.26	-36.85	-14

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 15**, muestra la gráfica comparativamente de la precipitación acumulada desde enero a Noviembre 2010 con una tendencia positiva decreciente y su normal histórica, para las seis regiones homogéneas.



**Figura 15.** Precipitación Acumulada versus Normal Histórica

Fuente: Elaboración propia

La línea de tendencia de los promedios acumulados obtenida hasta el mes de Noviembre mantiene una gradiente positiva y decreciente para el mes de Diciembre.

Se espera que en Diciembre se mantengan o disminuyan las precipitaciones, que refleja un comportamiento anómalo, tomando en consideración el comportamiento climático de la precipitación en estas cuencas.

## VIII. CONCLUSIONES

- Las precipitaciones en la zona de estudio durante Noviembre disminuyeron en 3.6 mm (51%) respecto a Octubre; y su tendencia para Diciembre, de disminución, debido al comportamiento climático de la precipitación en estas cuencas.
- La distribución espacial de las precipitaciones en el ámbito de estudio indican un comportamiento normal que abarca el 65% del área de estudio, una sequía que comprende 33 % y una humedad que alcanza un 2%.
- Los eventos de sequías, se concentraron con mayor intensidad en las regiones homogéneas 2 y 4, y se ubicaron en la parte central, sur-este y nor-oeste de la zona de estudio, cuya intensidad fue de Normal a muy seco, en la escala representativa de 12 meses.
- Los eventos de humedad se concentraron en la región homogénea 1 y se ubicaron en la parte sur; presentando una intensidad moderadamente húmedo en la misma escala temporal.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Israel Velasco, Javier Aparicio, Juan B. Valdés y otros**, 2004: "Evaluación de índices de sequías en las cuencas afluentes del río Bravo/Grande".
- **HAYES, M.** 2002. Drought indexes // Drought indices. 9p. Lincoln, NE: University of Nebraska.
- **McKee et al.** 1993 y 1995 "Standardized Precipitation Index"
- **Komuscu A.U.** 1999: Using The SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. Drought Network News.
- **Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A. y Hu, Q.**, 2001: An evaluation of the standardized precipitation index, the china-z index and the Statistical z-score. International Journal of Climatology 21: 745-758.
- **Edwards, D.C. y McKee, T.B.**, 1997: Characteristics of 20<sup>th</sup> century drought in the United States at multiple time scales. Atmospheric Science Paper N° 634.
- **SENAMHI**, 2009. "Vigilancia de la sequia hidrológica en las regiones de Arequipa y Tacna"