

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“GRADO DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL
ACUÍFERO DEL RIO SAN JUAN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por
HENRY ENRIQUE CÁCERES VALVERDE

Lima - Perú
2018

DEDICATORIA

A mis padres, Enrique y Margot que siempre me supieron enseñar y educar con el ejemplo. Por su apoyo incondicional, paciencia y cariño, que me ayudan a ser una mejor persona.

A mi hermana Shanell por la comprensión y apoyo.

A mi tío Ricardo por el apoyo que me ha dado a lo largo de toda mi vida universitaria y por ser como un segundo padre para mí.
Por sus consejos y estima.

A Sandy por su confianza en mí y por haber sido una excelente compañera en toda esta etapa de mi vida.
Por su preocupación, por escucharme y darme los mejores consejos.

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Sebastian Santayana por el apoyo, orientación y buenos consejos a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

A la Oficina del Servicio Nacional de Información de Recursos Hídricos (OSNIRH) por facilitarme información relevante para la elaboración de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. ANTECEDENTES.....	2
2.2. GEOLOGÍA.....	3
2.2.1. Formación Quilmaná (Kis-q/l).....	3
2.2.2. Formación Cañete (Qpl-c).....	3
2.2.3. Formación Pisco (Nm-pi).....	4
2.2.4. Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn).....	4
2.2.5. Depósitos Aluviales (Qh-al).....	4
2.2.6. Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb).....	4
2.3. CICLO HIDROLÓGICO.....	5
2.3.1. Precipitación.....	6
2.3.2. Transpiración.....	6
2.3.3. Evaporación.....	6
2.3.4. Evapotranspiración.....	6

2.3.5.	Infiltración	7
2.4.	HIDROGEOLOGÍA.....	7
2.4.1.	Agua subterránea	8
2.4.2.	Acuífero	8
2.4.3.	Tipos de acuífero	8
2.4.4.	Recarga del acuífero	9
2.4.5.	Conductividad hidráulica.....	10
2.5.	VULNERABILIDAD	10
2.6.	RIESGO.....	11
2.7.	CONTAMINACIÓN.....	11
2.8.	MÉTODO “DRASTIC” PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD DE UN ACUÍFERO	11
2.9.	MÉTODO “GOD” PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD DE UN ACUÍFERO	16
2.10.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	16
2.11.	BASE DE DATOS	16
2.12.	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1.	MATERIALES.....	18
3.1.1.	Información geológica	18
3.1.2.	Información hidrometeorológica	18
3.1.3.	Información hidrogeológica	19
3.1.4.	Información ecológica	20
3.2.	METODOLOGÍA	20
3.2.1.	Descripción general de la zona de estudio.....	20
3.2.2.	Fuentes contaminantes de los ríos Chico y Matagente.....	22
3.2.3.	Monitoreo de la calidad de agua superficial.....	24
3.2.4.	Geología	27

3.2.5.	Ecología	38
3.2.6.	Clima e hidrología	43
3.2.7.	Recarga del acuífero	43
3.2.8.	Hidrogeología del acuífero del río San Juan	54
3.2.9.	ELABORACIÓN DE MAPAS PARA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS	54
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1.	GRADO DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL MÉTODO DRASTIC....	60
4.1.1.	Índices para la aplicación del método DRASTIC	60
4.1.2.	Grado de vulnerabilidad con el método DRASTIC.....	72
4.2.	GRADO DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL MÉTODO GOD	79
4.2.1.	Índices para la aplicación del método GOD.....	79
4.2.2.	Grado de vulnerabilidad con el método GOD.....	82
4.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS.....	82
V.	CONCLUSIONES.....	87
VI.	RECOMENDACIONES	89
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
VIII.	ANEXOS.....	96

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Variable "Dr" – método DRASTIC	12
Cuadro 2: Variable "Rr" – método DRASTIC	13
Cuadro 3: Variable "Ar" – método DRASTIC	13
Cuadro 4: Variable "Sr" – método DRASTIC	13
Cuadro 5: Variable "Tr" – método DRASTIC	14
Cuadro 6: Variable "Ir" – método DRASTIC	14
Cuadro 7: Variable "Cr" – método DRASTIC	15
Cuadro 8: Factor de ponderación del método DRASTIC	15
Cuadro 9: Grado de vulnerabilidad – método DRASTIC	15
Cuadro 10: Estaciones pluviométricas y precipitación media anual	19
Cuadro 11: Vertimientos en la zona del acuífero del río San Juan.....	24
Cuadro 12: Puntos de control de calidad de agua superficial en el acuífero San Juan.....	27
Cuadro 13: Unidades geológicas	29
Cuadro 14: Volumen anual de agua circulante en los ríos (m ³).....	46
Cuadro 15: Dotación anual de agua superficial a cada bloque de riego.....	46
Cuadro 16: Dotación anual de agua subterránea para riego por gravedad	48
Cuadro 17: Recarga anual por lecho de los ríos	49
Cuadro 18: Recarga por conducción y distribución de agua superficial	50
Cuadro 19: Recarga por aplicación de agua superficial para riego	51
Cuadro 20: Recarga por aplicación de agua subterránea para riego.....	51
Cuadro 21: Recarga anual total en los subsectores de riego	52
Cuadro 22: Áreas de los grados de vulnerabilidad	82

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Método GOD para determinación de la vulnerabilidad de acuíferos	17
Figura 2: Ubicación de la zona de estudio.....	21
Figura 3: Límites del acuífero y zonas de cultivo	23
Figura 4: Ubicación de fuentes contaminantes en los ríos Chico y Matagente.....	25
Figura 5: Ubicación de puntos de control de calidad de agua superficial	26
Figura 6: Mapa geológico.....	28
Figura 7: Líneas de cortes transversales	30
Figura 8: Sección A-A'	31
Figura 9: Sección B-B'.....	31
Figura 10: Sección C-C'.....	33
Figura 11: Sección D-D'	34
Figura 12: Sección E-E'	35
Figura 13: Sección F-F'	36
Figura 14: Sección G-G'	37
Figura 15: Sección H-H'	39
Figura 16: Sección I-I'	40
Figura 17: Sección J-J'.....	41
Figura 18: Mapa ecológico.....	42
Figura 19: Mapa de temperatura promedio anual.....	44
Figura 20: Mapa de isoyetas promedio anual de la cuenca San Juan.....	45
Figura 21: Mapa de ubicación de los subsectores de riego	47
Figura 22: Recarga anual del acuífero del río San Juan	53
Figura 23: Mapa de isopropundidad del nivel freático	55
Figura 24: Mapa de curvas equipotenciales y dirección del flujo subterráneo	56
Figura 25: Mapa de isoconductividad hidráulica	57
Figura 26: Mapa de isoconductividad eléctrica.....	58
Figura 27: Mapa de isolíneas de pH del acuífero	59

Figura 28: Valor "Dr" – método DRASTIC	62
Figura 29: Valor "Drw" – método DRASTIC	63
Figura 30: Valor "Rr" – método DRASTIC	64
Figura 31: Valor "Rrw" – método DRASTIC	65
Figura 32: Valor "Ar" – método DRASTIC	67
Figura 33: Valor "Arw" – método DRASTIC	68
Figura 34: Valor "Sr" – método DRASTIC.....	69
Figura 35: Valor "Srw" – método DRASTIC.....	70
Figura 36: Variable "Trw" – método DRASTIC.....	71
Figura 37: Valor "Ir" – método DRASTIC	73
Figura 38: Valor "Irw" – método DRASTIC.....	74
Figura 39: Valor "Cr" – método DRASTIC	75
Figura 40: Valor "Crw" – método DRASTIC	76
Figura 41: Índice de vulnerabilidad – método DRASTIC.....	77
Figura 42: Grado de vulnerabilidad – método DRASTIC.....	78
Figura 43: Valor "G" – método GOD.....	80
Figura 44: Valor "O" – método GOD.....	81
Figura 45: Valor "D" – método GOD.....	83
Figura 46: Índice de vulnerabilidad – método GOD	84
Figura 47: Grado de vulnerabilidad – método GOD	85

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS	97
Cuadro 1.1: Registro de precipitación de la estación Conta (mm).....	97
Cuadro 1.2: Registro de precipitación de la estación Fonagro – Chincha (mm)	98
Cuadro 1.3: Registro de precipitación de la estación Huachos (mm)	99
Cuadro 1.4: Registro de precipitación de la estación Laguna Huichinga Aurahua (mm)..	100
Cuadro 1.5: Registro de precipitación de la estación San Juan de Castrovirreyna (mm)..	101
Cuadro 1.6: Registro de precipitación de la estación San Juan de Yanac (mm).....	102
Cuadro 1.7: Registro de precipitación de la estación San Pedro de Huacarpana (mm) ..	103
Cuadro 1.8: Registro de precipitación de la estación Tantara (mm).....	104
Cuadro 1.9: Registro de precipitación de la estación Villa de Armas (mm).....	105
Cuadro 1.10: Registro de precipitación de la estación Telepacha (mm).....	106
Cuadro 1.11: Registro de precipitación de la estación Huangascar (mm)	107
Cuadro 1.12: Registro de precipitación de la estación Cusicancha (mm).....	108
Cuadro 1.13: Registro de precipitación de la estación Hacienda Bernales (mm).....	109
Cuadro 1. 14: Registro de precipitación de la estación Huancano (mm).....	110
Cuadro 1.15: Registro de temperatura media mensual	112
Cuadro 1.16: Dotación de agua superficial a cada bloque de riego (Hm3)	114
Figura 1.1: Ubicación de estaciones pluviométricas	111
Figura 1.2: Ubicación de las estaciones climatológicas	113
ANEXO 2: DATOS HIDROGEOLOGÍCOS	115
Cuadro 2.1: Registro de los niveles estáticos – distrito Alto Larán	115
Cuadro 2.2: Registro de los niveles estáticos – distrito Chincha Alta	115
Cuadro 2.3: Registro de los niveles estáticos – distrito Tambo de Mora.....	115
Cuadro 2.4: Registro de los niveles estáticos – distrito Chincha Baja.....	116
Cuadro 2.5: Registro de los niveles estáticos – distrito El Carmen	117
Cuadro 2.6: Registro de los niveles estáticos – distrito Grocio Prado	118
Cuadro 2.7: Registro de los niveles estáticos – distrito Sunampe.....	118

Cuadro 2.8: Conductividad hidráulica	120
Cuadro 2.9: Valores de conductividad eléctrica – distrito Chincha Alta	122
Cuadro 2.10: Valores de conductividad eléctrica – distrito Alto Larán	122
Cuadro 2.11: Valores de conductividad eléctrica – distrito Chincha Baja	123
Cuadro 2.12: Valores de conductividad eléctrica – distrito El Carmen	124
Cuadro 2.13: Valores de conductividad eléctrica – distrito Grocio Prado.....	125
Cuadro 2.14: Valores de conductividad eléctrica – distrito Sunampe	125
Cuadro 2.15: Valores de conductividad eléctrica – distrito Tambo de Mora	125
Cuadro 2.16: Valores de pH – distrito Grocio Prado	127
Cuadro 2.17: Valores de pH – distrito Sunampe.....	127
Cuadro 2.18: Valores de pH – distrito Chincha Alta	127
Cuadro 2.19: Valores de pH – distrito Tambo de Mora.....	127
Cuadro 2.20: Valores de pH – distrito Chincha Baja.....	128
Cuadro 2.21: Valores de pH – distrito El Carmen	129
Cuadro 2.22: Valores de pH – distrito Alto Larán	130
Figura 2.1: Ubicación de pozos de observación del nivel estático.....	119
Figura 2.2: Pozos donde se realizó las pruebas de bombeo	121
Figura 2.3: Pozos de la red hidrogeoquímica, conductividad eléctrica.....	126
Figura 2.4: Pozos de la red hidrogeoquímica, pH.....	131
ANEXO 3: ÁLBUM FOTOGRÁFICO.....	132
Fotografía 1: Vista hacia aguas abajo del río Matagente	132
Fotografía 2: Vista hacia aguas arriba del río Chico.....	132
Fotografía 3: Bocatoma 'La Altura' en el río Matagente	133
Fotografía 4: Canal no revestido en Chincha Baja.....	133
Fotografía 5: Canal no revestido en El Carmen	134
Fotografía 6: Canal revestido en Alto Larán.....	134
Fotografía 7: Cultivo de mandarina con riego tecnificado en Chincha Alta.....	135
Fotografía 8: Cultivo de camote con riego por gravedad en Chincha Alta.....	135
Fotografía 9: Canal no revestido en Alto Larán.....	136
Fotografía 10: Canal no revestido en Pueblo Nuevo	136
Fotografía 11: Súper unidad Linga en Chincha Alta.....	137
Fotografía 12: Pozo de extracción de agua subterránea.....	137
Fotografía 13: Canal no revestido en Chincha Baja.....	138
Fotografía 14: Recorrido de campo (río Chico).....	139

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el grado de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero del río San Juan, el cual se encuentra en la provincia de Chincha, en la zona norte del departamento de Ica. Para la determinación del grado de vulnerabilidad se aplicó dos métodos: DRASTIC, propuesto por Aller et al (1987) y GOD, por Foster (1987). Con el primer método el grado de vulnerabilidad predominante es alto y en menor proporción los grados moderado y muy alto, respectivamente. Con el método GOD, sólo se presentan dos grados de vulnerabilidad, medio y alto, éste último en mayor proporción. Finalmente, se hizo el análisis comparativo de la aplicación de los dos métodos, encontrando similitud ya que en ambos casos las zonas más vulnerables se encuentran cerca de los ríos Matagente y Chico. Ello debido, principalmente, a que dichos ríos son la principal fuente de recarga del acuífero por infiltración en el lecho de éstos.

Palabras clave: vulnerabilidad de acuíferos, método DRASTIC, método GOD, recarga, hidrogeología, acuífero San Juan.

ABSTRACT

In the present work was evaluated the degree of intrinsic vulnerability to contamination the aquifer river's San Juan, which is located in the province of Chincha, in the north of the department of Ica. To determine the degree of vulnerability, two methods were applied: DRASTIC proposed by Aller (1987) and GOD by Foster (1987). With the first method, the degree of predominant vulnerability is high and, to a lesser degree, the moderate and very high degrees, respectively. With the GOD method only presents two degrees of vulnerability, medium and high, the latter in a greater proportion. Finally, was made a comparative analysis of the application of the two methods, with the similarity that in both cases the most vulnerable areas are near to the Matagente and Chico rivers. This is mainly due to the fact that these rivers are the main source of recharge of aquifer by infiltration in its riverbed.

Keywords: aquifer vulnerability, DRASTIC method, GOD method, recharge, hydrogeology, San Juan aquifer.

I. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es un recurso susceptible a la contaminación y con un periodo muy largo de renovación, por ello es de primordial importancia determinar las zonas vulnerables a la contaminación del acuífero del río San Juan para su correcta preservación, ya que éste es una de las principales fuentes de agua para el desarrollo de diversas actividades de la población ubicada en el valle de Chíncha, siendo la principal actividad económica, la agricultura. Según la ANA (2014), se estima que el aporte de agua subterránea corresponde, aproximadamente, a un 27 por ciento de la disponibilidad hídrica en dicha zona.

Existen diferentes métodos para la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero, para el presente trabajo, se utilizaron los métodos DRASTIC y GOD, los cuales fueron comparados entre sí, teniendo en cuenta los parámetros y variables que intervienen, de tal manera, se estimó cuáles son las más influyentes, haciendo uso de la herramienta SIG para la distribución espacial de las variables y la superposición espacial de éstas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

La ANA (2009), como parte de las actividades relacionadas con la evaluación para la conservación de acuíferos, realizó el estudio de vulnerabilidad del acuífero de Ica, en el cual se aplicó los métodos GOD y AVI para determinar su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación. Para el método GOD, el rango de vulnerabilidad obtenido fue de medio a alto; mientras que con el método AVI, las zonas de baja vulnerabilidad son predominantes y no se encuentran zonas de vulnerabilidad alta. En ambos casos, la mayor parte del acuífero tiene vulnerabilidad de baja a media.

Cotrina et al (2009), como parte del estudio “Hidrogeología de la cuenca del río Locumba” elaboraron el mapa de vulnerabilidad de los acuíferos de los valles de Cinto e Ite, mediante el método GOD, llegando a la conclusión que para el acuífero Cinto predomina una vulnerabilidad moderada; mientras que para el de Ite, en la zona cercana a la línea costera y de los humedales, se presenta una vulnerabilidad alta, debido a los materiales de los Depósitos Marinos, de permeabilidad elevada.

En el acuífero Aguascocha, ubicado en el departamento de Junín, Palomino (2012) aplicó los métodos GOD y DRASTIC para la determinación de la vulnerabilidad, obteniendo como resultados mapas diferentes entre sí. Mientras que con el método DRASTIC, se presenta, en su mayoría, vulnerabilidad muy baja y una pequeña porción con vulnerabilidad baja; en el método GOD, predomina la vulnerabilidad baja, pero también se aprecian zonas con vulnerabilidad moderada, alta y muy alta.

Figuroa (2010) determinó las zonas vulnerables a la contaminación del agua subterránea en la provincia de Talagante, región metropolitana de Santiago de Chile, mediante la aplicación de los métodos BGR y GOD. Obteniendo grados de vulnerabilidad alta y moderada, en similares proporciones.

2.2. GEOLOGÍA

Duque (2017) describe la geología como la ciencia que estudia el planeta tierra en su conjunto y los materiales que lo conforman para averiguar su historia y evolución, así como también los fenómenos, tanto exógenos como endógenos. También, indica que la tierra es el resultado de procesos geológicos, tales como erosión, movimientos sísmicos, vulcanismo e inundaciones. El estudio de la geología es necesario en procesos de ingeniería, tales como: la construcción de edificaciones, el ordenamiento territorial y la conservación del medio ambiente.

En la zona de estudio, que se encuentra entre los valles de Cañete y Pisco, las unidades geológicas principales son: Depósitos Aluviales, Formación Quilmaná, Formación Cañete, Formación Pisco y Unidades Intrusivas.

2.2.1. Formación Quilmaná (Kis-q/l)

Según lo describen Salazar y Landa (1993), esta formación corresponde a una gruesa secuencia volcánico-sedimentaria en la base, mientras que en la parte superior presenta rocas volcánicas. También, indican que el techo de la formación es descubierto. La permeabilidad, es muy baja, por lo que se le considera un estrato impermeable. Se encuentra al sureste de la Hacienda San Juan, en Chincha. El nombre proviene del cerro Huayaullo, al este de la localidad de Quilamaná.

2.2.2. Formación Cañete (Qpl-c)

Se llama así a un conjunto litológico de conglomerados semiconsolidados y clastos redondeados, con litología variada. Salazar y Landa (1993) indican que se encuentra, generalmente, sobre la formación Paracas y rocas más antiguas. Posee una litología variada en matriz areno-limosa. En el valle de Topará, está constituida en su base, mayormente, por arena fina a gruesa, de color grisácea, en capas que van desde los 0,20 a 2,00 m., también intercalan lentes arcillo-limosos de 0,30 a 1,00 m.; mientras que, hacia el tope superior, la secuencia se hace limo-arcillosa de color crema amarillenta, alternando con arena fina a gruesa, en capas continuas. Se estima que su grosor va de 90 a 100 m. Posee una permeabilidad baja.

2.2.3. Formación Pisco (Nm-pi)

Como lo describe Caldas (1978), fue estudiada por primera vez en Pisco. La sección inferior se compone de areniscas conglomeradas de grano grueso, de tonos amarillentos, en bancos anchos con horizontes conchíferos, bastante triturados por el oleaje y cementados por soluciones del mismo material calcáreo. Hacia arriba siguen areniscas finas con capas ferruginosas. Además, en la zona superior se encuentran capas de diatomitas, arcillas bentónicas, tobáceas y lutitas. La Formación Pisco posee un considerable contenido de salinidad y se encuentra en la zona sur del valle de Chincha.

2.2.4. Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn)

Caldas (1987) indica que son unidades de metamorfismo regional que se exponen a la costa sur del Perú. Constituida por rocas metamórficas, compuestas, principalmente, por dioritas, granodioritas, monzogranitos, granitos potásicos, migmatitas y tonalitas. También, menciona que posee una baja permeabilidad, por la cual se le considera como límite inferior en el acuífero del río San Juan.

2.2.5. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Según Salazar y Landa (1993) estos depósitos están ampliamente distribuidos en las pampas costaneras de la región Ica. Están representados por los conos de deyección y depósitos aluviales de algunas quebradas. Generalmente conforman un manto continuo, algunas veces cubiertos por depósitos eólicos. El material aluvial consiste, principalmente, por gravas, arenas y limo arcilloso, las gravas y cantos tienen formas redondeadas y composición variada. Los depósitos aluviales en esta zona poseen una permeabilidad elevada y constituyen los acuíferos de la zona.

2.2.6. Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb)

Las Unidades Intrusivas que se encuentran comprendidas entre la quebrada Topará y el Valle de Chincha, presentan, en el borde occidental, el batolito de la costa, compuesta por intrusiones graníticas de dioritas, granitos, monzonitas, monzogranitos, tonalitas y gravos, cuya ocurrencia se ha producido durante el cretáceo y el terciario inferior, tal como lo menciona ANA (2015).

Salazar y Landa (1993) indican que se han dividido en las siguientes súper unidades: Patap (Ks-pt/gbdi) y Linga (Ks-li/czmz).

a. Súper Unidad Patap (Ks-pt/gbdi)

Se caracteriza por la presencia de rocas mesócratas a melanócratas, cuya litología común es el gravo y la diorita, con textura variable. Ocurren generalmente en cuerpos separados, que se ubican en la parte occidental del área. Estas rocas son las más antiguas del Batolito de la Costa, reconocidas en el área; y, parecen constituir remanentes de un Plutón mayor.

b. Súper Unidad Linga (Ks-li/czmz)

Pertenece a la zona marginal horizontal. Está representada por el Plutón de Quilmaná, que es un cuerpo de aproximadamente 14 km de ancho, que se encuentra entre el pueblo de Quilmaná y Punta Lobos. La litología identificada con mayor presencia es monzodioritas, pasando a monzogranitos y granodioritas, en menor proporción. La Super Unidad Linga corta rocas del Cretáceo inferior y al Grupo Quilmaná, asignado al Cretáceo superior.

2.3. CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico se refiere al sistema por el cual el agua del océano se va a la atmósfera; y de ésta, a los continentes para posteriormente retornar al océano. Tal como lo indican Collazo y Montaña (2012), dicha agua que pasó de la atmósfera a los continentes, retorna a los mares y océanos de manera superficial o subterránea. Asimismo, indican que los factores que influyen en el ciclo hidrológico son diversos, tales como los climáticos (viento, humedad relativa del aire, temperatura, cobertura vegetal, entre otros).

El balance hidrológico se puede expresar de acuerdo con la siguiente ecuación matemática:

$$P = Et + E + I$$

Donde:

- P : Precipitación
- Et : Evapotranspiración
- E : Escorrentía
- I : Infiltración

2.3.1. Precipitación

Guevara (2015) menciona que puede presentarse en forma líquida o gaseosa (lluvia, niebla, rocío), o sólida (nieve, granizo, escarcha). Agrupa todas las aguas meteorológicas recogidas en una cuenca o zona determinada. Se llama altura de precipitación a la altura de la lámina de agua que se acumularía sobre una superficie horizontal, si toda la precipitación quedara inmovilizada sobre ella. La precipitación por lo general se expresa en milímetros y puede estar referida a diversos intervalos de tiempo: hora, día, mes, año, etc.

2.3.2. Transpiración

Es cuando el agua que contiene la planta pasa a la atmósfera a través de los estomas. Dicha agua está contenida inicialmente en los tejidos de la planta. Según Allen et al (2006) la planta absorbe el agua junto con las nutrientes a través de las raíces, casi toda esta agua es transpirada y sólo una pequeña porción forma parte de los tejidos. Al igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión de vapor, de la velocidad del viento, la temperatura del aire, la humedad atmosférica; y, además, de la disponibilidad de agua en el suelo.

2.3.3. Evaporación

Se llama evaporación al proceso por el cual el agua cambia de estado, de líquido a gaseoso (vaporización), y se incorpora a la atmósfera. Allen et al (2006) mencionan que el agua se puede evaporar desde lagos, ríos, suelos y la misma vegetación mojada. Para que se produzca la evaporación, se necesita energía la cual es proporcionada, principalmente, por la radiación solar directa y, de menor influencia, la temperatura del aire, la humedad atmosférica, entre otros.

2.3.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la cuantificación de dos procesos por los cuales el agua se incorpora a la atmósfera en forma de vapor. Allen et al (2006) indica que dicha incorporación se da por la evaporación del agua y por la transpiración de los cultivos, no hay alguna manera sencilla para diferenciar entre estos dos procesos, los cuales ocurren simultáneamente. El valor de la transpiración es diferente de acuerdo con cada tipo de cultivo y al periodo en el que se encuentra. En el momento de la siembra, casi el 100 por ciento de la evapotranspiración ocurre en forma de evaporación; mientras que cuando la cobertura

vegetal es completa, más del 90 por ciento de la evapotranspiración ocurre como transpiración.

2.3.5. Infiltración

Guevara (2015) describe que es un proceso por el cual el agua pasa a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. En una primera etapa, el agua infiltrada, satisface la deficiencia de humedad del suelo en zonas cercanas a la superficie; luego de superado determinado nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos. Está íntimamente relacionada con la percolación, que es el movimiento vertical descendente del agua dentro de la tierra.

Cada suelo tiene una determinada capacidad de infiltración, que se refiere a la capacidad máxima de agua que puede absorber, dependiendo de las condiciones; tales como: humedad del suelo, material que conforma el suelo, la compactación, cobertura vegetal, etc. Un suelo sin cobertura vegetal estará expuesto al impacto directo de las gotas de lluvia, lo que compactará dicho suelo y arrastrará las partículas pequeñas hacia las grietas y huecos del suelo, lo cual reduce el efecto de infiltración; por otro lado, un suelo con cobertura vegetal, protegerá su superficie, haciendo que la compactación y el rearrreglo de las partículas sean mínimos.

2.4. HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología es el estudio de las aguas subterráneas; debe mencionarse que está enteramente ligada a la hidrología, ya que la principal fuente de recarga de los acuíferos proviene de la infiltración de ríos, arroyos y otros cuerpos de agua superficial. El agua superficial y subterránea están relacionadas, tal como lo menciona Fuentes (1992); ya que, en algunos casos, el agua subterránea aflora en riachuelos o manantiales para seguir su recorrido camino al océano, de manera superficial, pero también existen casos en los que el agua superficial se infiltra y de esta manera conforma el agua subterránea.

Se entiende a la hidrogeología como la ciencia que estudia el comportamiento del agua, tanto en la zona saturada como en la zona no saturada de las formaciones geológicas. Ordoñez (2011) indica que estudia el almacenamiento, circulación y distribución del agua en el suelo.

2.4.1. Agua subterránea

Según Werner (1996), se refiere al agua que se encuentra por debajo de la superficie del terreno y participa en el ciclo hidrológico. Existen aguas geológicas que permanecen sin movimiento por miles de años, las cuales no se incluyen en el ciclo hidrológico.

El agua subterránea se distribuye en la zona saturada; mientras que, el agua que se encuentra en la zona no saturada, se le considera como humedad del suelo. La zona saturada es aquella en la cual todos los espacios porosos se encuentran llenos de agua y a presión hidrostática. En la zona no saturada, sólo una parte de los intersticios está ocupada por agua, mientras que la restante, contiene aire. Dentro de la zona no saturada, existe un volumen de agua que no puede ser removida por bombeo o drenaje debido a las fuerzas moleculares y de tensión superficial. La producción específica de un acuífero se expresa como la relación entre el volumen que puede ser drenada por gravedad y el volumen total del suelo; su valor depende del tamaño de las partículas de suelo, de los poros y del grado de compactación del suelo. Para suelos aluviales, la producción específica varía de 10 a 20 por ciento, según lo que menciona Guevara (2015)

2.4.2. Acuífero

Cleary (2007) lo describe como una formación geológica con una permeabilidad y porosidad interconectada, la cual permite el almacenamiento y circulación de cantidades considerables de agua, bajo los efectos del gradiente hidráulico.

Según Fuentes (1992), se puede considerar un acuífero como un reservorio o embalse ya que en éste también se tiene en cuenta un caudal, tanto de entrada como de salida; además, de tener una capacidad de almacenamiento y una de regulación.

2.4.3. Tipos de acuífero

Los acuíferos se pueden clasificar de acuerdo a la presión a la que está sometida el agua subterránea o, también, en función a la capacidad de transmisión de agua de los estratos, tanto superior como inferior. Feitosa y Filho (2000) los clasifican en:

a. Acuífero confinado

Es aquél en el cual la presión del agua es mayor que la presión atmosférica. Los estratos que lo limitan, tanto superior como inferior, son impermeables. En un pozo que llega hasta un acuífero confinado, el nivel del agua subterránea llegará hasta un nivel por encima de la capa confinante superior.

b. Acuífero semiconfinado

Es aquel en el cual al menos uno de los estratos limitantes, superior y/o inferior, es semipermeable, permitiendo la entrada o salida de flujos por drenaje ascendente o descendente. Dichos estratos semipermeables ofrecen una resistencia relativamente alta al flujo, en acuíferos de grandes extensiones podrían presentarse cantidades considerables de agua, pérdidas o ganadas.

c. Acuífero libre

Es aquel en el cual la superficie freática se encuentra a presión atmosférica ya que no existe un estrato superior confinante. El estrato base del acuífero puede ser impermeable o semipermeable.

2.4.4. Recarga del acuífero

En la antigüedad se creía que la principal fuente de recarga del agua subterránea era el mar y que dicha agua, se volvía dulce a medida que afloraba a la superficie de la tierra. Esto debido a que se pensaba que la cantidad de lluvia era muy poca como para ser la fuente de recarga del agua subterránea. Sin embargo, con el pasar de los años, se supo que la principal fuente de recarga de los acuíferos es por infiltración ya sea de lluvia o de cuerpos de agua.

Para determinar la recarga de un acuífero se considera el balance de ingreso y salida. Como menciona Fuentes (1992), la descarga o salida de agua se da mediante afloramiento a los cuerpos de agua superficiales, recargando a los cauces, otros acuíferos cercanos o directamente al mar. La recarga por lo general se da por la infiltración de la precipitación, cauces, canales no revestidos, zonas de riego, etc.

Peña et al (2010) indican que existen dos formas principales de recarga de acuíferos libres los cuales son:

a. Recarga natural

Se da por infiltración de diferentes fuentes de origen natural como: precipitación, aguas superficiales, lagunas, nevados. Todos estos se infiltran de manera natural y por interconexión hidráulica llegan a formar parte del acuífero.

b. Recarga inducida

Se da por acciones antrópicas, es decir por la actividad del hombre, las principales fuentes de recarga inducida son los canales de derivación y distribución y aplicación de riego de agua superficial y subterránea, etc.

2.4.5. Conductividad hidráulica

Es la propiedad que mide la capacidad de un material para permitir el flujo de agua bajo el efecto de un gradiente hidráulico (diferencia de potencial hidrostático). Vélez (1999) explica que el agua subterránea se mueve a través de los vacíos del suelo, cuya permeabilidad depende de la cantidad de poros y de la conexión que existen entre estos. En un suelo arcilloso existe gran cantidad de poros, pero estos no están conectados entre sí, por lo tanto, la permeabilidad es menor que en un suelo franco.

Tal como menciona Molinero (2005), no existen formaciones geológicas que sean completamente impermeables, ya que casi todos los materiales, incluidos los artificiales como el hormigón, presentan una cierta capacidad para transmitir el agua, aunque ésta sea de manera extremadamente lenta. Por lo tanto, cuando se refiere a una formación geológica impermeable, en realidad se trata de formaciones de baja o muy baja permeabilidad.

2.5. VULNERABILIDAD

Se describe la vulnerabilidad como la interfaz entre la exposición de un sistema a amenazas físicas y su capacidad para controlar tales amenazas. Bautista y Aguilar (2011) indican que es un concepto que se refiere a la potencial pérdida de la calidad, en este caso del agua subterránea, debido al grado de exposición natural del acuífero.

Según Auge (2004), la vulnerabilidad de un acuífero se puede entender de dos maneras: la intrínseca y la específica. La primera, se atribuye como una propiedad que se refiere exclusivamente al medio; es decir, al tipo de acuífero, su cobertura, la permeabilidad de sus

estratos, y otras propiedades físicas propias. Mientras que, la vulnerabilidad específica tiene que ver, además del comportamiento del medio, con la trascendencia al tipo y carga del contaminante, es decir, está relacionada con el riesgo.

Auge (2004) detalla varios métodos para la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero, entre las cuales están el “DRASTIC” y el “GOD”, siendo ambos aplicables para acuíferos libres y la elección del tipo de método depende del nivel de detalle que se quiera conseguir y de la disponibilidad de la información.

2.6. RIESGO

Si se enfoca a la contaminación, es definido como el peligro existente del deterioro de la calidad ya sea del agua u otro elemento por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes que hay en su entorno. Lo anteriormente mencionado fue definido por Foster (1987), quien hace una semejanza con lo que es la vulnerabilidad específica ya que se habla de la presencia o potencial presencia de un contaminante en el medio.

2.7. CONTAMINACIÓN

Auge (2008) define la contaminación como un cambio desfavorable, en este caso del agua subterránea, de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, las que pueden originarse de manera natural o por causa directa o indirecta de la actividad del hombre.

2.8. MÉTODO “DRASTIC” PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD DE UN ACUÍFERO

El método fue desarrollado por Aller et al (1987), y patrocinado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA); es muy difundido y utilizado para la determinación del grado de vulnerabilidad intrínseca; es decir, la vulnerabilidad propia del acuífero de acuerdo con sus propiedades físicas.

El método DRASTIC, tal como lo detalla Auge (2004), es usado tanto para la evaluación cualitativa, como para el mapeo de zonas vulnerables. Este método se basa en asignar valores que van de uno al 10, de acuerdo con las características y el comportamiento de las variables, en donde el valor correspondiente a uno indica la mínima vulnerabilidad y 10, la máxima. Dichas variables son:

D (Depth): profundidad del agua freática; vale decir, del nivel estático.

R (Recharge): recarga anual neta del acuífero.

A (Aquifer): litología del acuífero.

S (Soil): tipo de suelo.

T (Topography): pendiente topográfica.

I (Impact): litología de la zona no saturada

C (Hydraulic conductivity): conductividad hidráulica del acuífero.

A continuación, se describe cada parámetro y su valoración (r), de acuerdo con sus características, tal como lo describen Aller et al (1987).

Dr: se obtiene de los monitoreos periódicos que se realizan, es la medida en metros de la distancia que hay entre la superficie del suelo hasta el nivel de la napa freática. La valoración para el parámetro Dr se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Variable "Dr" – método DRASTIC

Profundidad (m)		Valor asignado
0.0	1.5	10
1.5	9.0	9
9.0	15	7
15	23	5
23	30	3
>30		1

Fuente: Aller et al (1987)

Rr: se refiere a la recarga total anual (en milímetros) del acuífero; se obtiene del balance hidrológico. En el Cuadro 2 se muestra la valoración para el parámetro Rr.

Ar: se valoriza de acuerdo al tipo de material que conforma el acuífero. Se obtiene del perfil estratigráfico del suelo. En el Cuadro 3 se muestra su valoración.

Sr: se refiere al tipo de suelo; dicha información también se obtiene del perfil estratigráfico. En el Cuadro 4 se describe su valoración.

Tr: es la pendiente topográfica de la zona de estudio en la que se encuentra el acuífero; dicha información se obtiene de los planos topográficos o de los modelos digitales de elevación (DEM). En el Cuadro 5 se muestra a detalle su valoración.

Cuadro 2: Variable "Rr" – método DRASTIC

Recarga (mm)		Valor asignado
0.0	50.0	1
50.0	103	3
103.0	178	6
178	254	8
>254		9

Fuente: Aller et al (1987)

Cuadro 3: Variable "Ar" – método DRASTIC

Litología del acuífero	Rango de clasificación	Valor típico
Lutita masiva	1-3	2
Metamórfica / Ígnea	2-5	3
Metamórfica / Ígnea meteorizada	3-5	4
Till Glacial	4-6	5
Secuencia de arenisca, caliza y lutita	5-9	6
Arenisca masiva	4-9	6
Caliza masiva	4-9	6
Arena o Grava	4-9	8
Basaltos	2-10	9
Caliza Kárstica	9-10	10

Fuente: Aller et al (1987)

Cuadro 4: Variable "Sr" – método DRASTIC

Tipo de suelo	Valoración
Delgado o ausente	10
Grava	10
Arena	9
Agregado arcilloso o compactado	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol - cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1

Fuente: Aller et al (1987)

Cuadro 5: Variable "Tr" – método DRASTIC

Pendiente (%)	Valoración
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
> 18	1

Fuente: Aller et al (1987)

Ir: se refiere a la litología de la zona superior no saturada del acuífero; esta información también se obtiene del perfil estratigráfico. En el Cuadro 6 se aprecia su valoración.

Cuadro 6: Variable "Ir" – método DRASTIC

Naturaleza de la zona no saturada	Valor	Valor típico
Capa confinante	1	1
Cieno - arcilla	2-6	3
Lutita	2-5	3
Caliza	2-7	6
Arenisca	4-8	6
Secuencia de arenisca, caliza y lutita	4-8	6
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo	4-8	6
Metamórfica / Ígnea	2-8	4
Grava y arena	6-9	8
Basalto	2-10	9
Caliza kárstica	8-10	10

Fuente: Aller et al (1987)

Cr: conductividad hidráulica del acuífero, que indica la facilidad con la que el agua subterránea se mueve a través de éste; se obtiene de las pruebas de bombeo realizadas en campo. Su valoración se muestra en el Cuadro 7.

Una vez obtenidos los índices para cada variable, se debe determinar el factor de ponderación (w) ya que algunas variables son más influyentes que otras. En el Cuadro 8 se muestra los valores de ponderación.

Cuadro 7: Variable "Cr" – método DRASTIC

(m/día)		(cm/s)		Valoración
0.04	4.08	4.6×10^{-5}	4.7×10^{-3}	1
4.08	12.22	4.7×10^{-3}	1.4×10^{-2}	2
12.22	28.55	1.4×10^{-2}	3.4×10^{-2}	3
28.55	40.75	3.4×10^{-2}	4.7×10^{-2}	6
40.75	81.49	4.7×10^{-2}	9.5×10^{-2}	8
>81.49		> 9.5×10^{-2}		10

Fuente: Aller et al (1987)

Cuadro 8: Factor de ponderación del método DRASTIC

Parámetro		Variable	Factor de Ponderación
w_D	Depth	Nivel estático	5
w_R	Recharge	Recarga neta	4
w_A	Aquifer	Naturaleza del acuífero	3
w_S	Soil	Tipo de suelo	2
w_T	Topography	Pendiente topográfica	1
w_I	Impact	Litología de la zona no saturada	5
w_C	Hydraulic conductivity	Conductividad hidráulica	3

Fuente: Aller et al (1987)

Finalmente, el índice de vulnerabilidad total es determinado por la siguiente ecuación:

$$IV = Dr. w_D + Rr. w_R + Ar. w_A + Sr. w_S + Tr. w_T + Ir. w_I + Cr. w_C$$

El grado de vulnerabilidad final se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Grado de vulnerabilidad – método DRASTIC

Grado	Índice de vulnerabilidad (IV)
Muy alto	187 - 230
Alto	146 - 187
Moderado	105 - 146
Bajo	64 - 105
Muy bajo	23 - 64

Fuente: Aller et al (1987)

2.9. MÉTODO “GOD” PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD DE UN ACUÍFERO

Propuesto por Foster (1987), se basa en la asignación de valores de cero a uno, de tres variables propias del acuífero, que se detallan a continuación.

G (grado de confinamiento hidráulico): tipo de acuífero.

O (ocurrencia del sustrato suprayacente): litología del estrato superior.

D (distancia al nivel del agua subterránea): nivel estático.

En la Figura 1 se describe, mediante un diagrama, la calificación de la vulnerabilidad de un acuífero. Los tres índices se multiplican entre sí dando lugar a uno nuevo final, el cual varía entre uno (vulnerabilidad máxima) y cero (vulnerabilidad mínima), que es explicado por Foster e Hirata (1988).

2.10. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Carrillo (2015) explica que el sistema de información geográfica es una herramienta para la gestión de datos georreferenciados a puntos territoriales, gracias al cual se maneja un gran volumen de información relevante para una correcta planificación y gestión. El manejo de ese gran volumen de información permite superponer varias capas diferentes que corresponden a un aspecto particular del espacio.

Según Sarria (2006), el nacimiento del sistema de información geográfica se debió a la remota necesidad del hombre por representar la realidad, en este caso de la superficie terrestre y de los objetos y agentes que en este se encuentran.

2.11. BASE DE DATOS

Sarria (2006) explica que cuando se trabaja con el sistema de información geográfica se debe diferenciar entre una base de datos espacial y una temática. La base de datos espacial se refiere principalmente a un conjunto de mapas en formato digital, el cual está debidamente georreferenciado; mientras que una base de datos temática se refiere a las tablas que aportan variables no espaciales pero que están asociadas a una base de datos espacial.

Tal como explica Felicísimo (s.f.) una base de datos espacial consta de un conjunto de datos, los cuales enlazan información alfanumérica y poseen una ubicación específica en el espacio.

Existen dos tipos de datos espaciales con los que se puede trabajar en un SIG, que son los datos vectoriales y los datos Ráster.

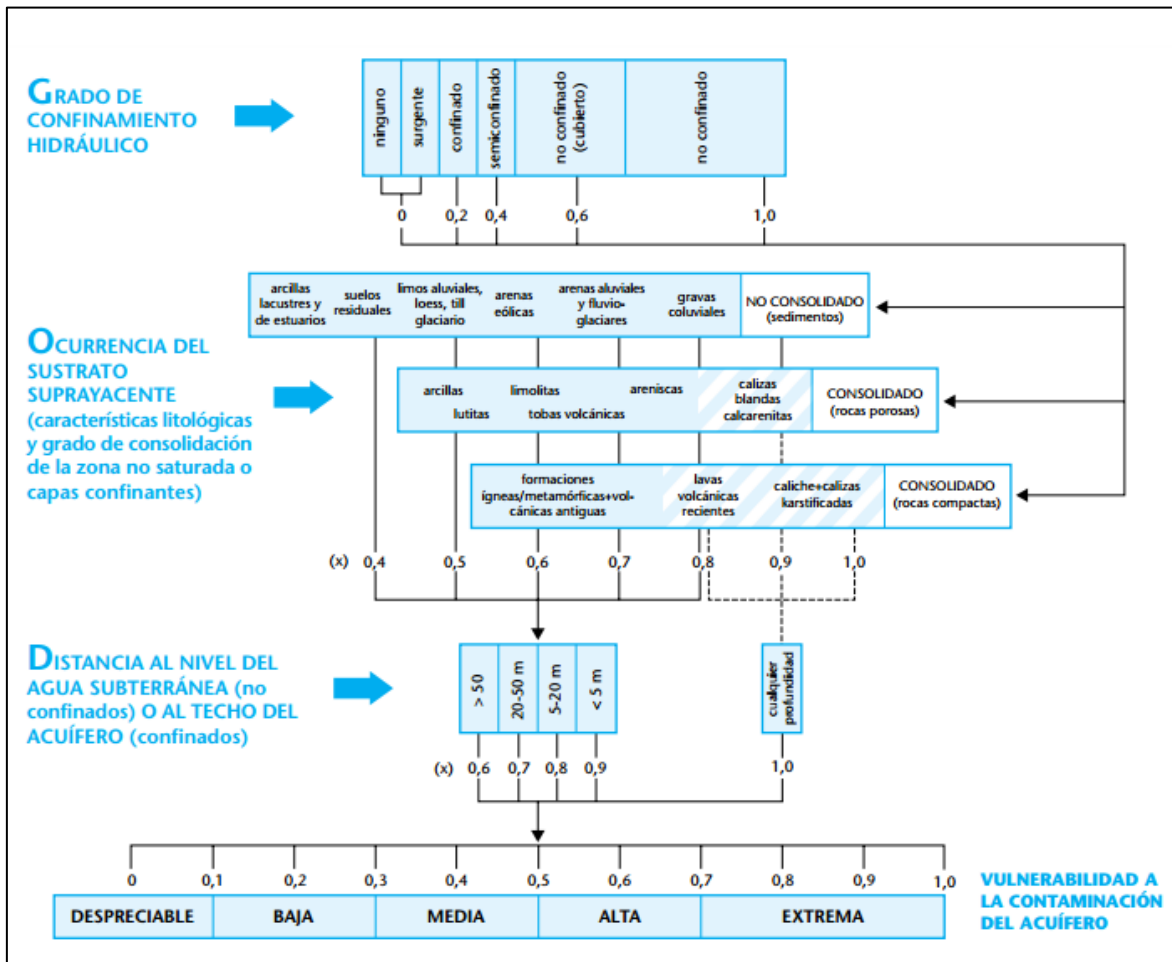


Figura 1: Método GOD para determinación de la vulnerabilidad de acuíferos

Fuente: Foster e Hirata (1988)

2.12. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

Sarria (2006) lo define como una herramienta para el conocimiento y representación del terreno; asimismo, como la relación que tiene la cota del terreno “Z” con respecto a las coordenadas (X, Y) de ubicación en un punto; es decir, para simplificar la expresión, se puede resumir en la siguiente ecuación:

$$Z = f(x, y)$$

Debido a las limitantes para poder resolver la ecuación en mención para todos los puntos del territorio, se recurre a elementos discretos, tales como las curvas de nivel del terreno o imágenes Ráster. Uno de los principales derivados de los DEMs son los mapas de pendiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Para la elaboración de la presente investigación se recopilaron diversos datos de diferentes fuentes e instituciones. A continuación, se describe las fuentes de las cuales se obtuvieron.

3.1.1. Información geológica

La información geológica se obtuvo de la página web de INGEMMET, correspondiente a las cartas geológicas 27k, 27L, 28k y 28L.

La información estratigráfica corresponde al estudio hecho por la ANA (2015), en el cual se realizó 136 sondajes electromagnéticos (TDEM) a lo largo de todo el valle San Juan, con lo que se elaboró las secciones estratigráficas y se delimitó el acuífero del río San Juan.

3.1.2. Información hidrometeorológica

Para la investigación y la estimación de la recarga neta del acuífero se recolectó datos meteorológicos e hidrológicos de estaciones ubicadas en la cuenca San Juan y en zonas aledañas.

a. Precipitación

Se obtuvo los registros históricos de 14 estaciones, proporcionadas por la ALA – San Juan, que contienen los datos de precipitación desde 1964 hasta el 2013. La ubicación de las estaciones pluviométricas y los valores de precipitación promedio anual se muestran en el Cuadro 10. Los registros de precipitación de cada estación considerada, se presentan en los Cuadros 1.1 a 1.14 y la ubicación de estas en la Figura 1.1 (ANEXO 1).

b. Temperatura

Los datos de temperatura se obtuvieron de la página web del SENAMHI, de 15 estaciones cuyo resumen de registros y ubicación se muestran en el ANEXO 1, Cuadro 1.15 y Figura 1.1, respectivamente

Cuadro 10: Estaciones pluviométricas y precipitación media anual

N°	Nombre de la estación	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM		Precipitación media anual (mm)
			X	Y	
1	Conta	350	395 353	8 514 738	3,50
2	Cusicancha	2 657	466 992	8 508 502	385,00
3	Fonagro (Chincha)	60	377 089	8 510 113	4,30
4	Hacienda Bernales	294	395 589	8 478 330	2,80
5	Huachos	2 598	441 252	8 538 441	448,90
6	Huancano	844	426 688	8 493 429	9,10
7	Huangascar	2 533	409 527	8 573 905	263,00
8	Laguna Huichinga Aurahua	3 451	438 528	8 559 079	722,90
9	San Juan de Castrovirreyna	2 398	430 232	8 540 289	185,40
10	San Juan de Yanac	2 540	413 713	8 538 367	125,40
11	San Pedro de Huacarpana	3 763	429 496	8 557 214	572,40
12	Tantara	3 190	431 308	8 555 376	499,20
13	Telepacha	4 367	467 405	8 590 461	606,70
14	Villa de Armas	4 730	485 519	8 548 085	608,70

Fuente: ANA (2015)

c. Oferta de agua

Para la estimación de la recarga del acuífero del río San Juan, se obtuvo información de la dotación promedio de agua proveniente de los ríos Chico y Matagente para cada bloque de riego del valle de Chincha. Los registros fueron realizados por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico San Juan – Chincha. El detalle se aprecia en el ANEXO 1, Cuadro 1.16.

3.1.3. Información hidrogeológica

La información hidrogeológica está dividida en tres parámetros: nivel piezométrico, conductividad hidráulica e hidrogeoquímica.

a. Nivel piezométrico

Los niveles piezométricos se obtuvieron del monitoreo periódico que realiza la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en 118 pozos de observación distribuidos en la zona de estudio, ubicados en los distritos de Alto Larán, Chincha Alta, Chincha Baja, El Carmen, Grocio

Prado, Sunampe y Tambo de Mora. Los datos piezométricos, correspondientes a noviembre del 2014, y la ubicación de los pozos de observación se encuentran en los Cuadros 2.1 al 2.7 y Figura 2.1, respectivamente (ANEXO 2).

b. Conductividad hidráulica

Este parámetro se obtuvo del estudio realizado por ANA (2015), en el cual se efectuaron pruebas de bombeo de descenso y recuperación, en 26 pozos, los cuales están distribuidos a lo largo del acuífero del río San Juan. En el ANEXO 2, se muestran los registros correspondientes (Cuadro 2.8), y su ubicación espacial (Figura 2.2).

c. Hidrogeoquímica

Los datos de hidrogeoquímica corresponden al monitoreo periódico que realiza la ANA en el que se mide la conductividad eléctrica y el potencial hidrógeno (pH) del agua de los pozos de la red hidrogeoquímica. En el ANEXO 2 se muestran los datos hidrogeoquímicos (Cuadros 2.9 a 2.22) y la ubicación de los pozos de la red hidrogeoquímica (Figuras 2.3 y 2.4).

3.1.4. Información ecológica

Fue obtenida del INRENA (1995), donde se describe la clasificación ecológica del Perú. Define en forma cuantitativa la relación entre los factores climáticos y la vegetación natural. Según se menciona, los valores fueron determinados mediante estudios e investigaciones científicas. Uno de sus principales usos es el de conocer un estimado de la relación entre la precipitación y la evapotranspiración real en cada zona de vida.

3.2. METODOLOGÍA

A partir de la información recopilada, se creó una base de datos para describir las características generales de la zona de estudio.

3.2.1. Descripción general de la zona de estudio

El área de estudio corresponde al acuífero del río San Juan, cuya ubicación política está en la provincia de Chincha, al norte del departamento de Ica, aproximadamente a 200 kilómetros al sur de la ciudad de Lima. En la Figura 2 se muestra el mapa de ubicación.

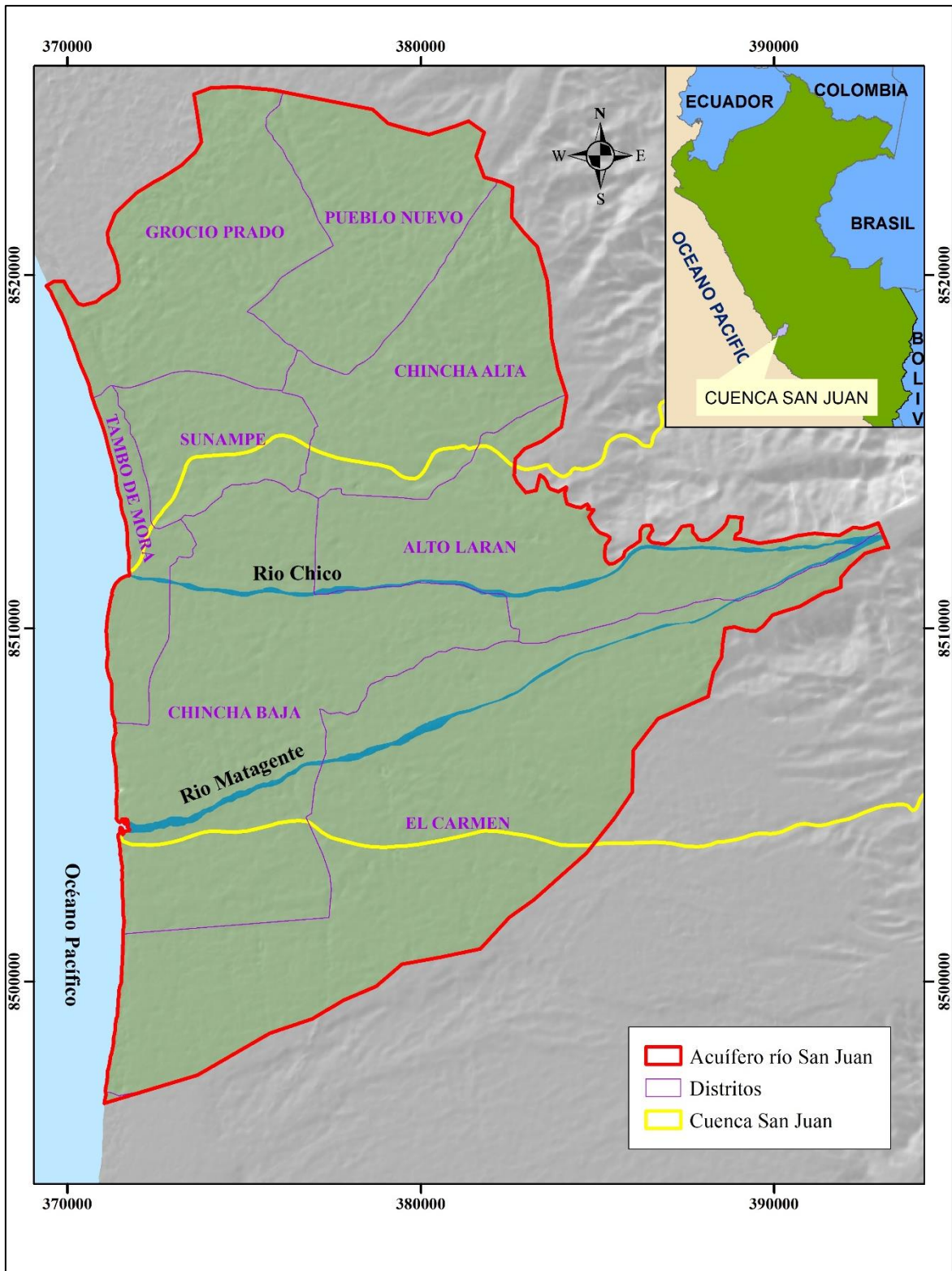


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

El nombre del acuífero se debe a que la principal fuente de recarga son los ríos Chico y Matagente, pertenecientes a la cuenca del río San Juan, el cual se bifurca mediante un partididor en el distrito de El Carmen, dando origen a dichos ríos que recorren un aproximado de 30 km cada uno, hasta desembocar en el Océano Pacífico.

El acuífero comprende la parte baja de la cuenca del río San Juan y de las intercuenas 137533 y 137531. Se trata de un abanico aluvial.

Los límites del acuífero de estudio, según sus coordenadas cartográficas UTM (WGS 84), son las siguientes:

Norte: 8 525 316,05

Sur: 8 496 553,72

Este: 393 241,96

Oeste: 369 402,05

En el valle de Chincha, la actividad económica más importante es la agricultura, incluyendo la agroexportación. El agua necesaria para el desarrollo de dicha actividad proviene, principalmente, de fuentes superficiales, pero ésta no abastece la totalidad de la demanda, siendo otra fuente importante de abastecimiento del recurso, el agua subterránea, como menciona la ANA (2015). En la Figura 3 se muestra la distribución de las áreas de cultivo que se encuentran comprendidas dentro de los límites del acuífero del río San Juan.

3.2.2. Fuentes contaminantes de los ríos Chico y Matagente

En un estudio realizado por la ANA (2014) se identificó 30 fuentes contaminantes a lo largo de la cuenca del río San Juan, a partir de los cuales se determinó los puntos para el monitoreo de la calidad de agua superficial, para un control periódico, tomando muestras en los cuerpos de agua y verificar que no excedan los Estándares de Calidad Ambiental. La mayor cantidad de vertimientos corresponden a residuos sólidos dispuestos en el lecho.

De las 30 fuentes contaminantes, 12 se encuentran en el ámbito de estudio, dispuestas en los ríos Chico y Matagente. De estas últimas, tres son vertimientos residuales; seis, de origen ganadero; y tres, botaderos de residuos sólidos, tal como se muestra en el Cuadro 11. La Figura 4 presenta la distribución espacial de dichas fuentes contaminantes.

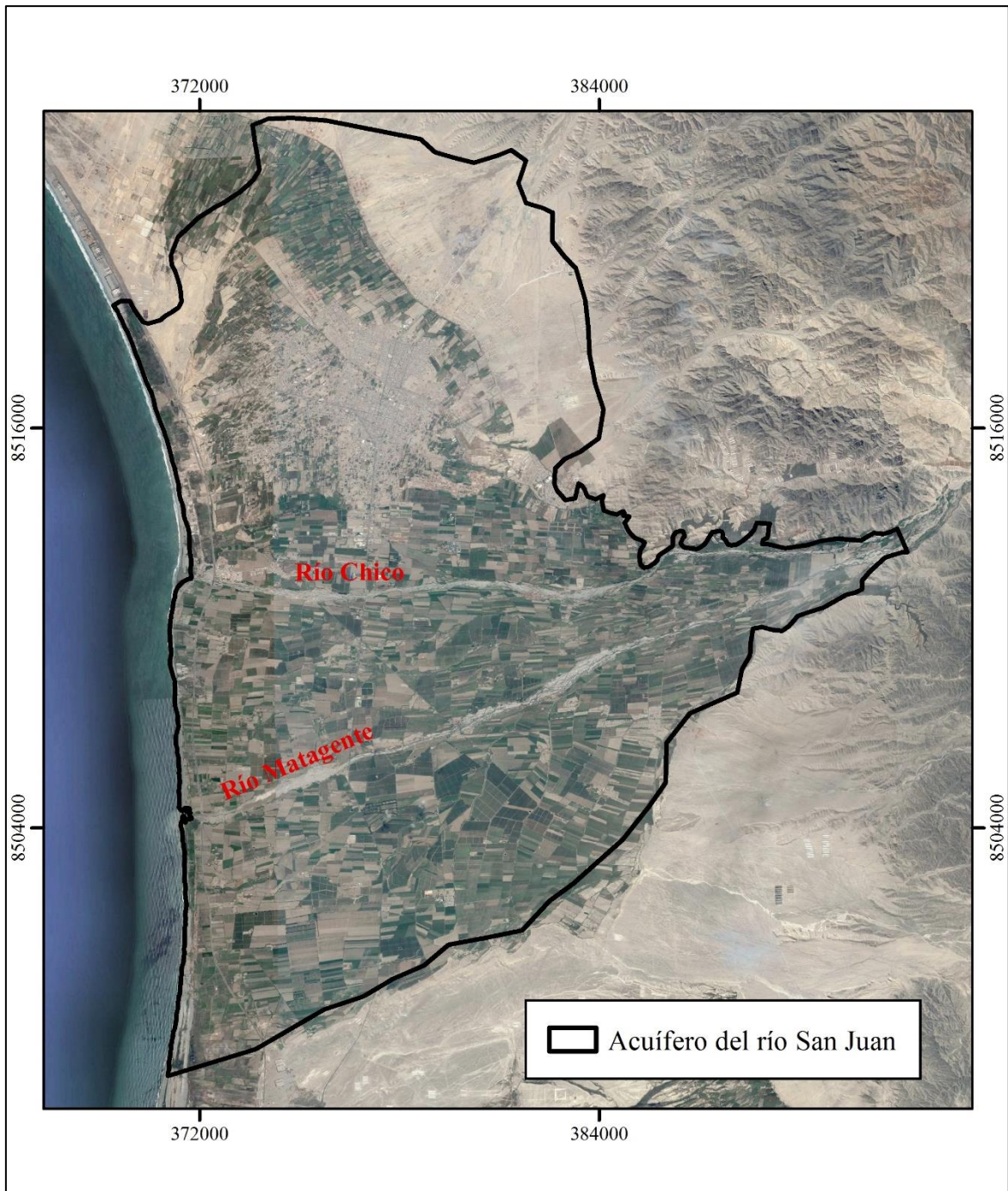


Figura 3: Límites del acuífero y zonas de cultivo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11: Vertimientos en la zona del acuífero del río San Juan

Código	Descripción	Receptor	Este	Norte	Distrito
Vert. 1	Descarga autorizada de Empresa Textil del Valle S.A.	Río Chico	376 728	8 510 981	Chincha Baja
Vert. 2	Descarga de letrina hacia el río Matagente.	Río Matagente	379 609	8 507 017	El Carmen
Vert.3	Descarga SEMAPACH S.A.	Río Chico	386 132	8 512 300	Alto Larán
Gan. 1	Ganadería extensa a lo largo de 250 m.	Río Chico	377 473	8 511 125	Alto Larán
Gan. 2	Zona dedicada a la ganadería a lo largo de 200 m.	Río Chico	382 869	8 511 015	Alto Larán
Gan. 3	Población dedicada parcialmente a la ganadería, en zonas dispersas	Río Matagente	376 152	8 505 716	Chincha Baja
Gan. 4	Población dedicada a la crianza de ganado en menor cantidad.	Río Matagente	382 499	8 507 925	El Carmen
Gan. 5	Población dedicada a la crianza de ganado en zonas dispersas y muy cercanas al lecho del río	Río Matagente	381 697	8 507 632	El Carmen
Gan. 6	Población cercana a la desembocadura del río Matagente dedicada parcialmente a la ganadería	Río Matagente	371 948	8 504 418	Tambo de Mora
Res. 1	Botadero de residuos sólidos	Río Matagente	376 145	8 505 729	Chincha Baja
Res. 2	Botadero de residuos sólidos	Río Matagente	379 609	8 507 017	El Carmen
Res. 3	Botadero de residuos sólidos	Río Matagente	381 669	8 507 649	El Carmen

Fuente: ANA (2014)

3.2.3. Monitoreo de la calidad de agua superficial

A lo largo de la cuenca del río San Juan existen un total de 12 puntos de control; sin embargo, en la zona de estudio de la presente investigación, sólo existen cinco, los que se detallan en el Cuadro 12. La ubicación se presenta en la Figura 5. Se observa que existe un punto de control en la bifurcación del río San Juan, en donde se da origen a los ríos Chico y Matagente, de esta manera se sabe cuál es la calidad del agua superficial que ingresa a la zona del acuífero del río San Juan. Se debe señalar que la clasificación para el uso de agua proveniente de los ríos Chico y Matagente, son de categoría tres; es decir, debe cumplir con la calidad óptima para riego de cultivos y bebida de animales, como indican los Estándares de Calidad Ambiental.

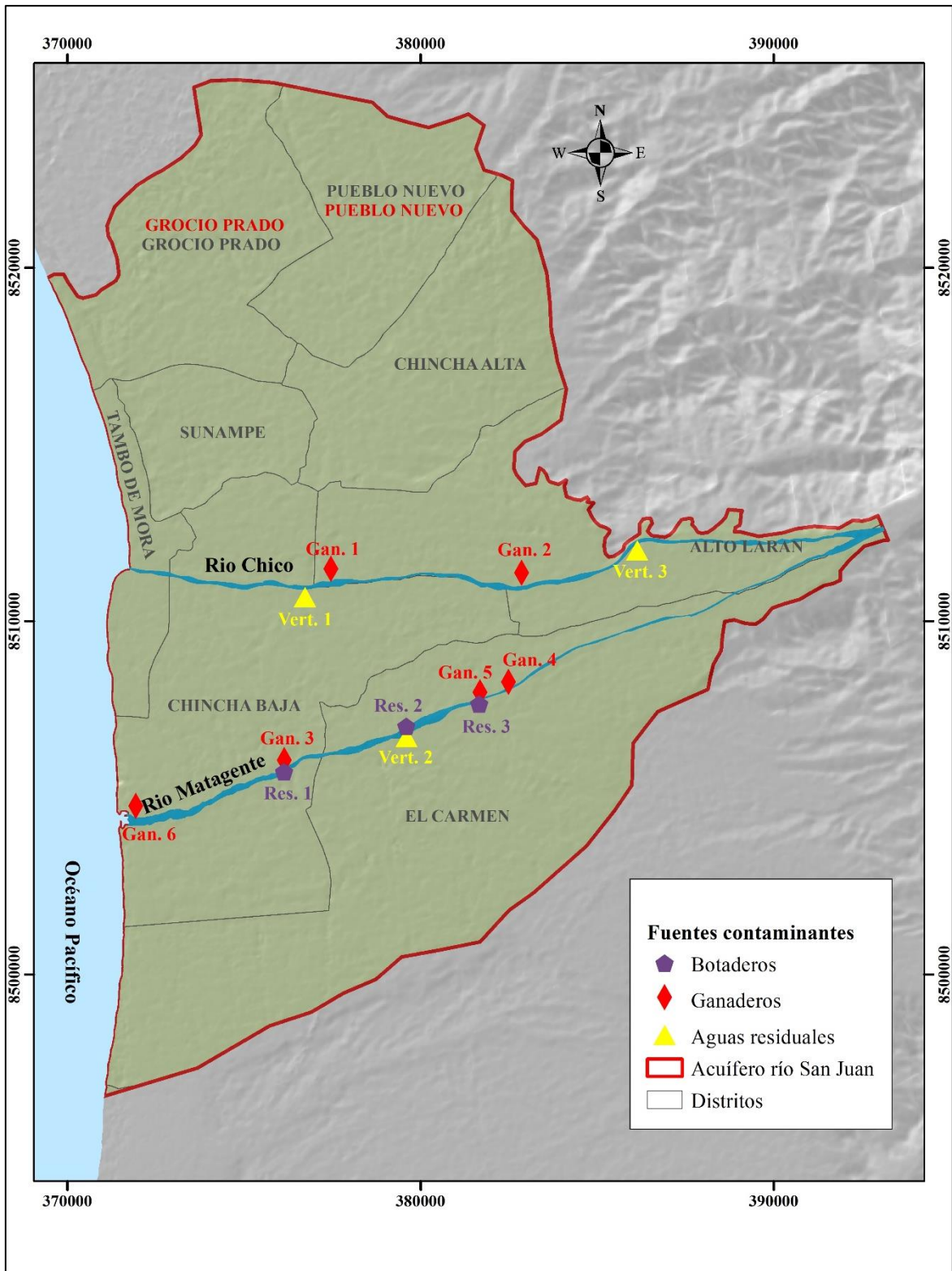


Figura 4: Ubicación de fuentes contaminantes en los ríos Chico y Matagente

Fuente: Elaboración propia con información de ANA (2014)

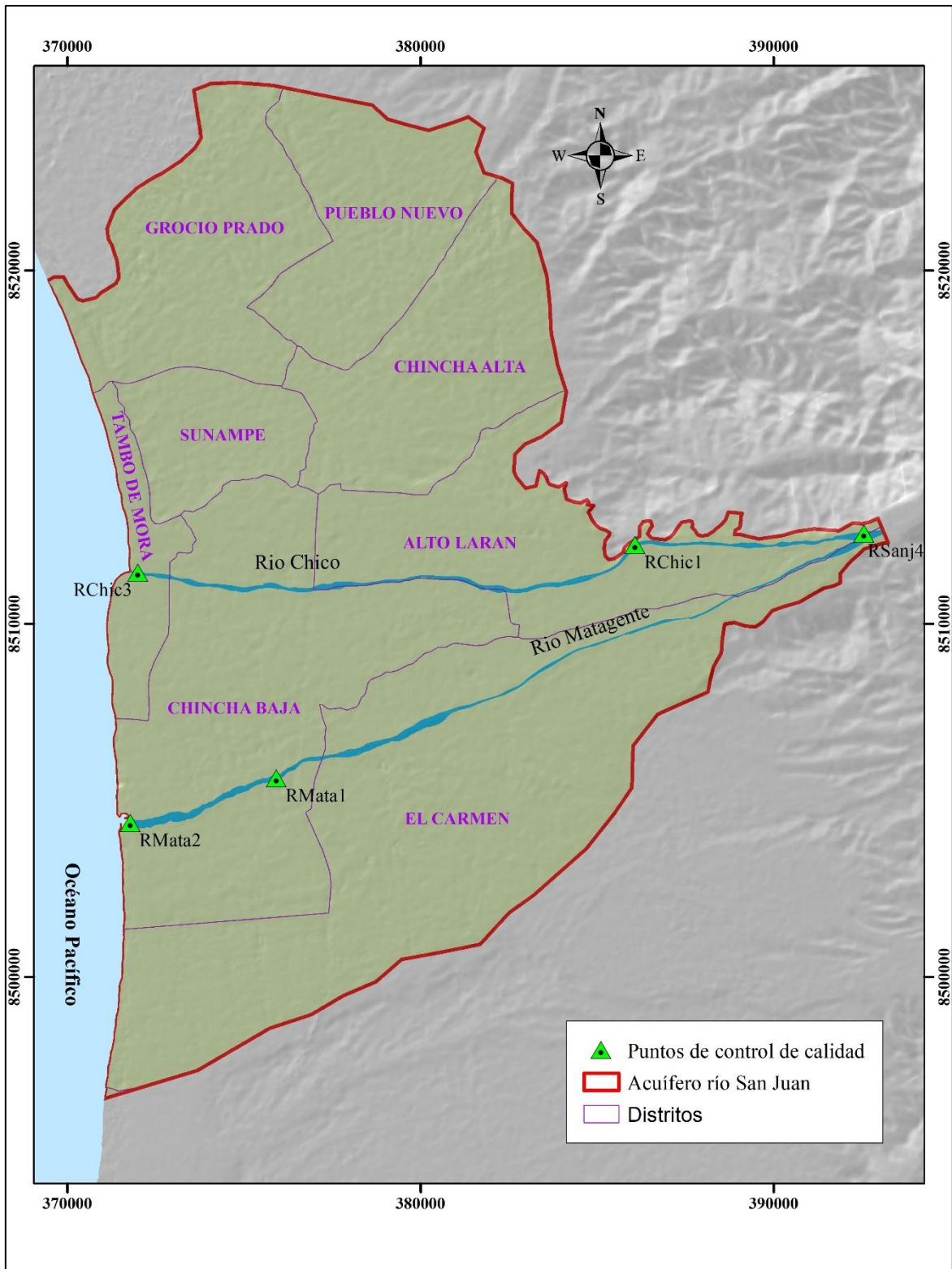


Figura 5: Ubicación de puntos de control de calidad de agua superficial

Fuente: Elaboración propia con información de ANA (2014)

Cuadro 12: Puntos de control de calidad de agua superficial en el acuífero San Juan

Código	Descripción	Este	Norte
RSanj4	Ubicado antes de la bifurcación de los ríos	392 439	8 512 231
RChic1	A 100 metros aguas abajo del vertimiento de SEMAPACH S.A.	386 077	8 512 231
RChic3	500 metros antes de la desembocadura al mar del río Chico	372 003	8 511 447
RMata1	Sector Cañapay	375 926	8 505 623
RMata2	500 metros antes de la desembocadura al mar del río Matagente	371 789	8 504 361

Fuente: ANA (2014)

3.2.4. Geología

La formación geológica está compuesta, principalmente, por depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionadas, con un suelo mayormente limo arenoso (Qh-al). En la zona norte del valle, se encuentra la formación Cañete (Qpl-c), con presencia de arenas, intercalada con niveles de conglomerados como se muestra en la Figura 6. En el Cuadro 13, se presenta la simbología, de acuerdo al Diccionario Geológico, y la descripción de las formaciones geológicas de la zona de estudio.

Se considera como límites impermeables del acuífero, según la ANA (2015), la Formación Pisco (Nm-pi), la Formación Quilmaná (Kis-q), la Formación Cañete (Qpl-c), unidades rocosas del Paleozoico o Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn), Jurásico Cretáceo (JK-i) y las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb), compuestas por la Súper Unidad Patap (Ki-pt/gbdi) y la Súper Unidad Linga (Ks-li/czmz).

En la Figura 7 se muestra las líneas de corte de las secciones transversales A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', H-H', I-I', J-J' que se obtuvieron por medio de los sondeos TDEM realizados por la ANA (2015).

El análisis de las secciones transversales permitió un mejor entendimiento de los estratos que conforman el acuífero, teniendo en cuenta su límite inferior. El acuífero del río San Juan es libre; es decir, la superficie freática se encuentra sometida sólo a la presión atmosférica.

Se observa que el acuífero está conformado por depósitos aluviales (Qh-al) en todas las secciones presentadas.

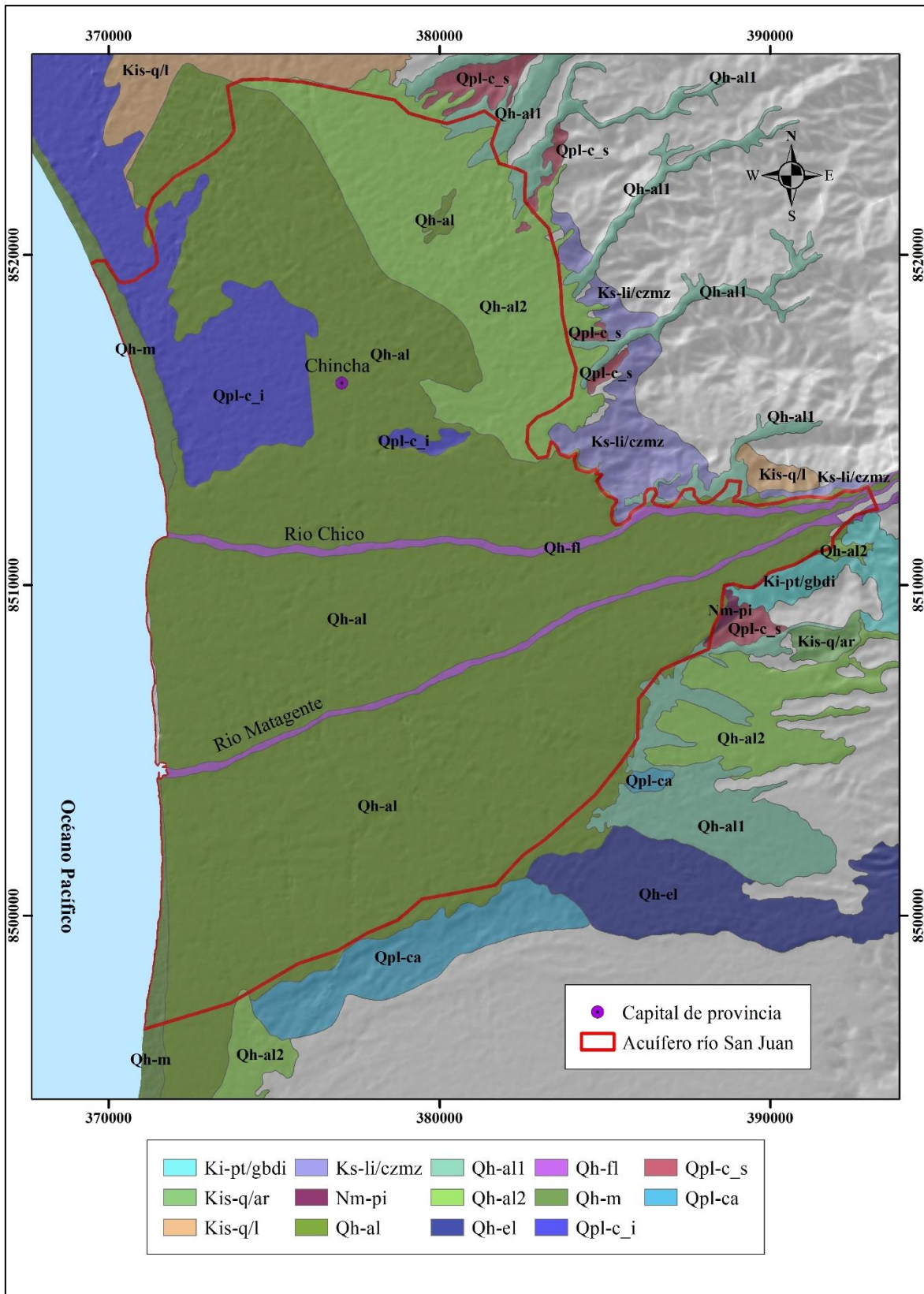


Figura 6: Mapa geológico

Fuente: Carta geológica nacional – INGEMMET 2014

Cuadro 13: Unidades geológicas

Nombre	Descripción
Ki-pt/gbdi	Súper Unidad Patap, gravo-diorita.
Kis-q/ar	Formación Quilmaná, areniscas intercaladas con lutitas, y horizontes de calizas.
Kis-q/l	Formación Quilmaná, flujo de lavas de andesita porfirica, intercalada con flujos piroclásticos toba lapilli.
Ks-li/czmz	Súper unidad Linga, contenido de feldespatos potásicos y rocas monzoníticas.
Nm-pi	Formación Pisco, areniscas, tobáceas y diatomeas, material volcánico
Qh-al	Depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa.
Qh-al1	Depósitos aluviales primarios, gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimosas.
Qh-al2	Depósitos Aluviales secundarios, gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimosas.
Qh-el	Depósito holoceno eluvial. Sedimentos finos (Arena muy fina y limo)
Qh-fl	Depósitos fluviales - gravas y arenas en matriz limoarenosa, incluye conos aluviales.
Qh-m	Depósitos marinos. Materiales carbonatados con presencia de finos.
Qpl-c_i	Formación Cañete (inferior), arenas en capas medianas a delgadas, intercalado con niveles de conglomerados.
Qpl-c_s	Formación Cañete (superior), alternancia de conglomerados, sedimentos arenosos y limosos.
Qpl-ca	Formación Cañete, conglomerados polimícticos, con cantos rodados de rocas ígneas, metamórficas y volcánicas.

Fuente: Carta geológica nacional – INGEMMET

En la Figura 8 se aprecia la sección A-A', ubicada en la zona de Conta, correspondiente al ingreso de los ríos Matagente y Chico a la zona del acuífero del río San Juan. Los estratos del acuífero en esta zona están conformados por Depósitos Aluviales recientes (Qh-al1) e intermedios (Qh-al2) ambos con presencia de material gravoso y con contenido de cantos rodados. También se encuentra una pequeña porción de depósitos aluviales con posible contenido de finos. La base impermeable en este caso está conformada por Unidades Intrusivos con presencia de dioritas, granodioritas, monzogranitos, tonalitas y gravodioritas.

En la Figura 9, sección B-B', se aprecia que el acuífero está compuesto por dos estratos de Depósitos Aluviales con matriz gravo arenosa (Qh-al1 y Qh-al2). En cuanto a los límites del acuífero, la base está compuesta por la Formación Pisco (Nm-pi), con presencia de diatomitas, areniscas tobáceas y lutitas. En cuanto a los límites laterales, por el norte se encuentran las Unidades Intrusivos (Ks-di,gr,mg,to,gb) y por el sur, la Formación Quilmaná (Kis-q), que posee una secuencia de andesitas y areniscas

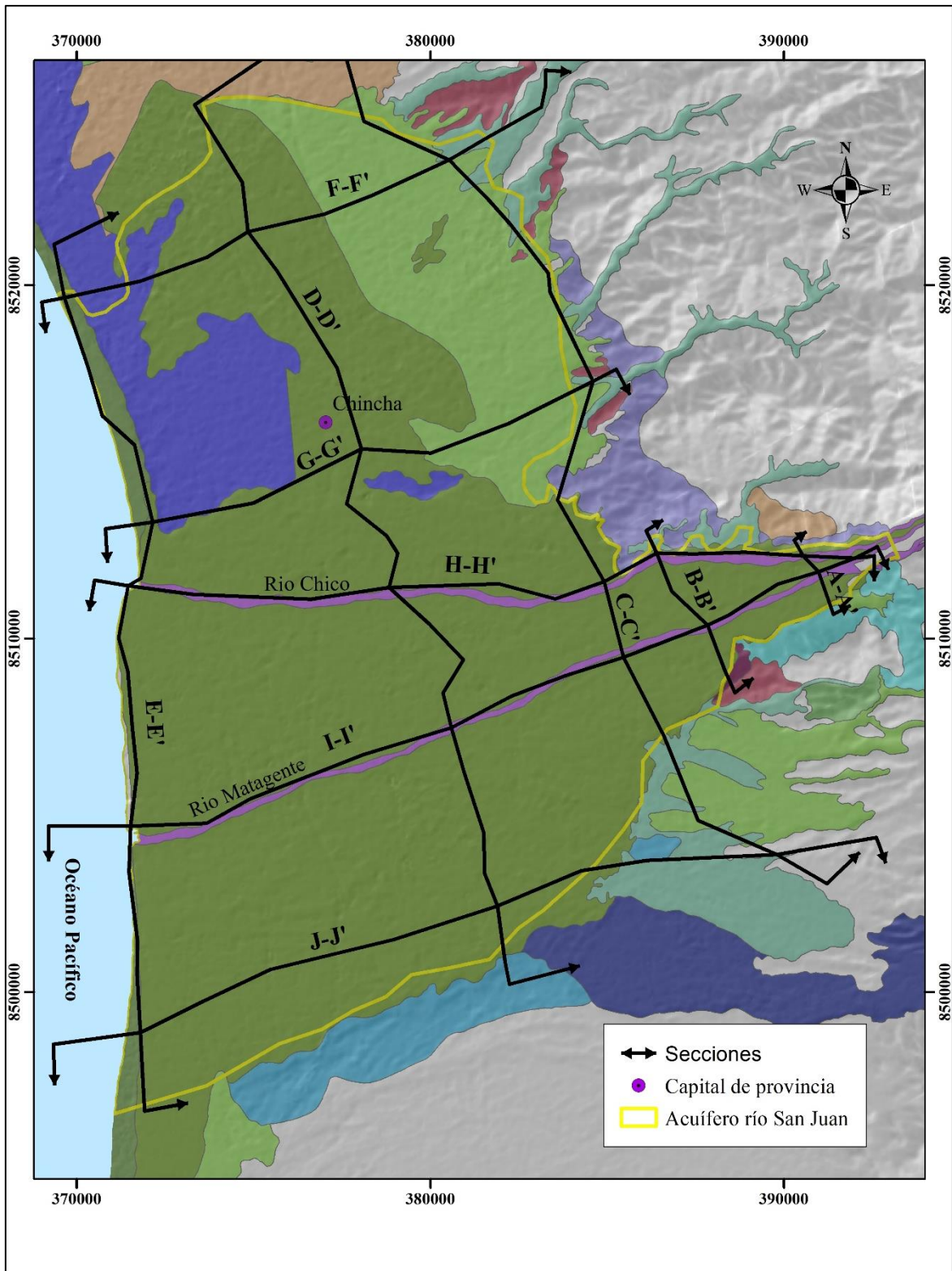


Figura 7: Líneas de cortes transversales

Fuente: ANA (2015)

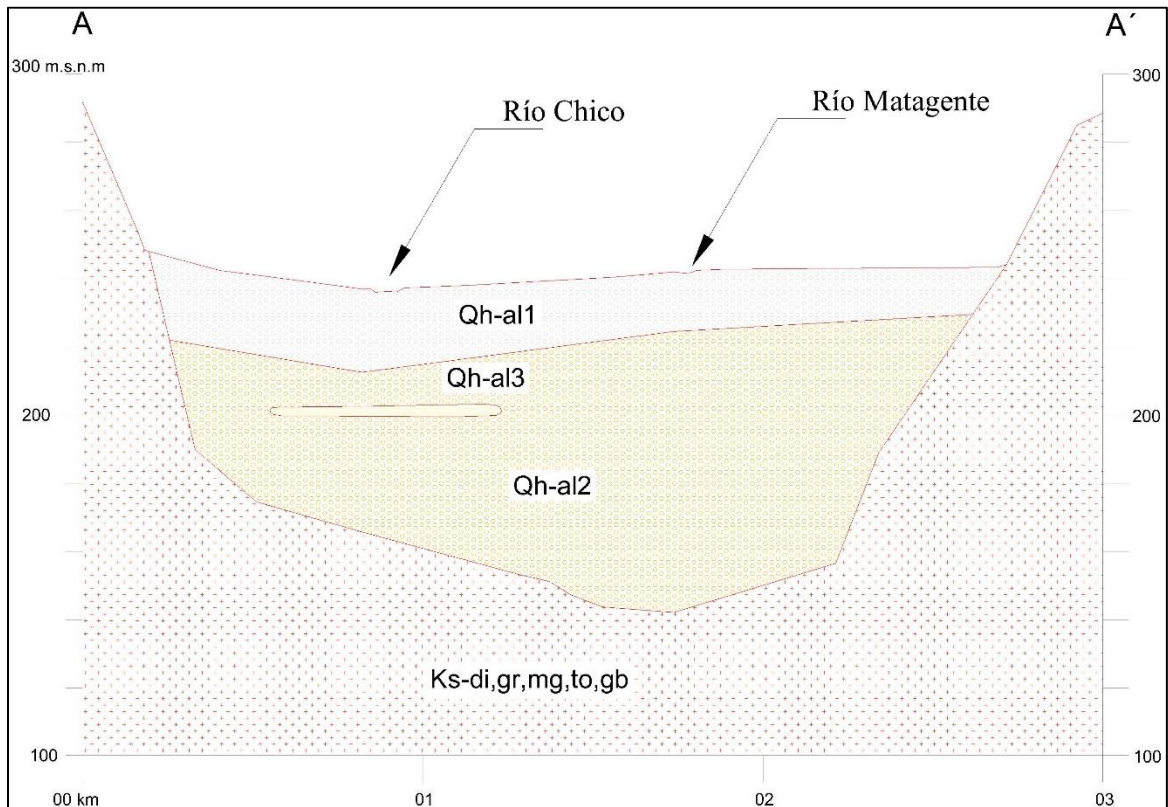


Figura 8: Sección A-A'

Fuente: ANA (2015)

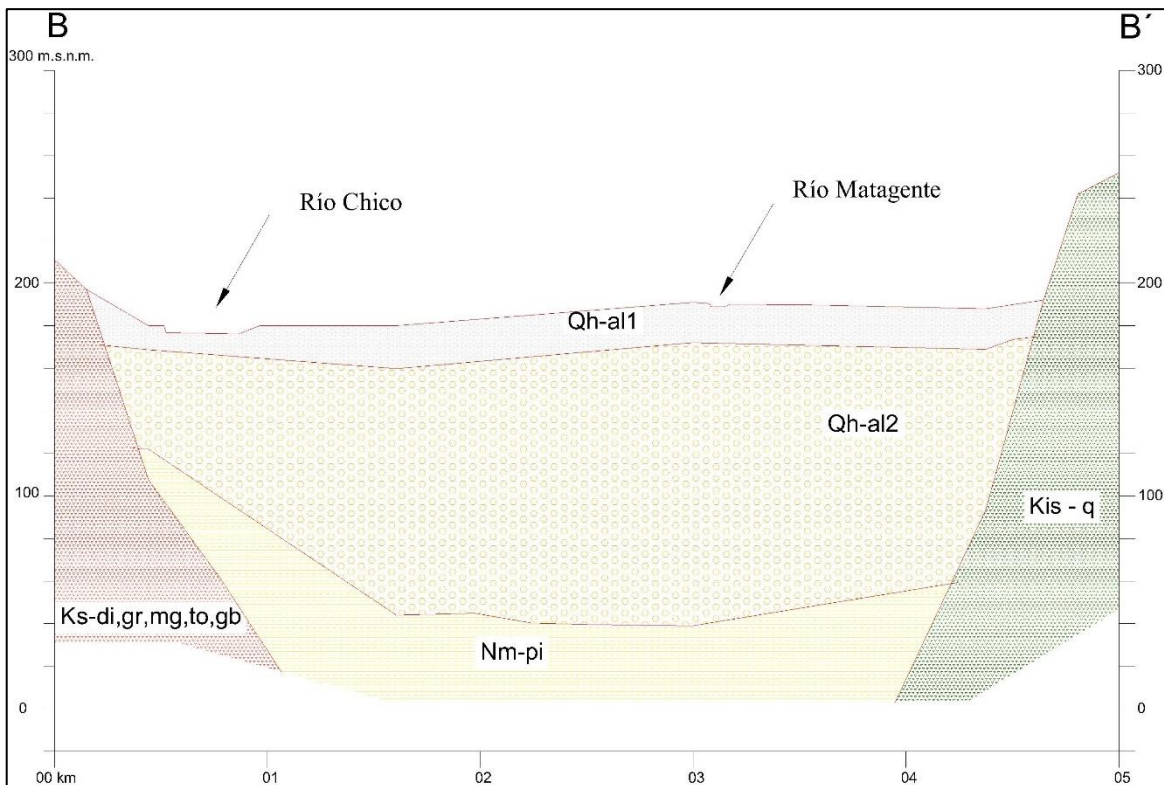


Figura 9: Sección B-B'

Fuente: ANA (2015)

En la Figura 10 se muestra la sección C-C'. Se observa que el acuífero está conformado por los Depósitos Aluviales con matriz gravo arenosa, tanto de horizonte reciente como de intermedio (Qh-al1, Qh-al2 y Qh-al3). En cuanto a los límites se observa que por el norte se encuentran las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb) y la Formación Cañete (Qpl-c), con arenas y niveles de conglomerados, mientras que por la zona sur se localiza el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn) con dioritas, granodioritas, monzogranitos, tonalitas y gravodioritas.

La Figura 11 corresponde a la sección D-D', los estratos del acuífero están compuestos por Depósitos Aluviales con matriz gravo arenosa (Qh-al1, Qh-al2 y Qh-al3). El límite inferior está constituido por la formación Cañete (Qpl-c) y por el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn) conformado por dioritas, granodioritas, monzogranitos, tonalitas y gravodioritas; por el norte limita con las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb); mientras que, por el sur, lo hace con la Formación Quilmaná (Kis-q), constituida por una secuencia de andesitas y areniscas.

La sección E-E' (Figura 12) es paralela al límite del litoral marino, el acuífero está compuesto por Depósitos Aluviales de matriz gravo arenosa (Qh-al1, Qh-al2 y Qh-al3). Como límite inferior se encuentra la Formación Cañete (Qpl-c) y la Formación Pisco (Nm-pi); debajo de estos, el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn).

En la Figura 13, correspondiente a la sección F-F', se muestra la conformación del acuífero en sentido este – oeste, hasta llegar al litoral. Se observa que, en esta zona, los estratos del acuífero están conformados por Depósitos Aluviales recientes (Qh-al1). Como base impermeable aparece la Formación Cañete (Qpl-c), y debajo de éste se ubican las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb), el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn) y cerca de la zona costera aparece la Litología del Jurásico – Cretáceo.

En la Figura 14, correspondiente a la sección G-G', se aprecia que el acuífero está conformado por sólo un estrato compuesto por Depósitos Aluviales primarios (Qh-al1), la Formación Cañete (Qpl-c) cumple la función de estrato impermeable y límite del acuífero, llega hasta el litoral. La Formación Pisco (Nm-pi) y las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb) se encuentran por debajo de la Formación Cañete (Qpl-c).

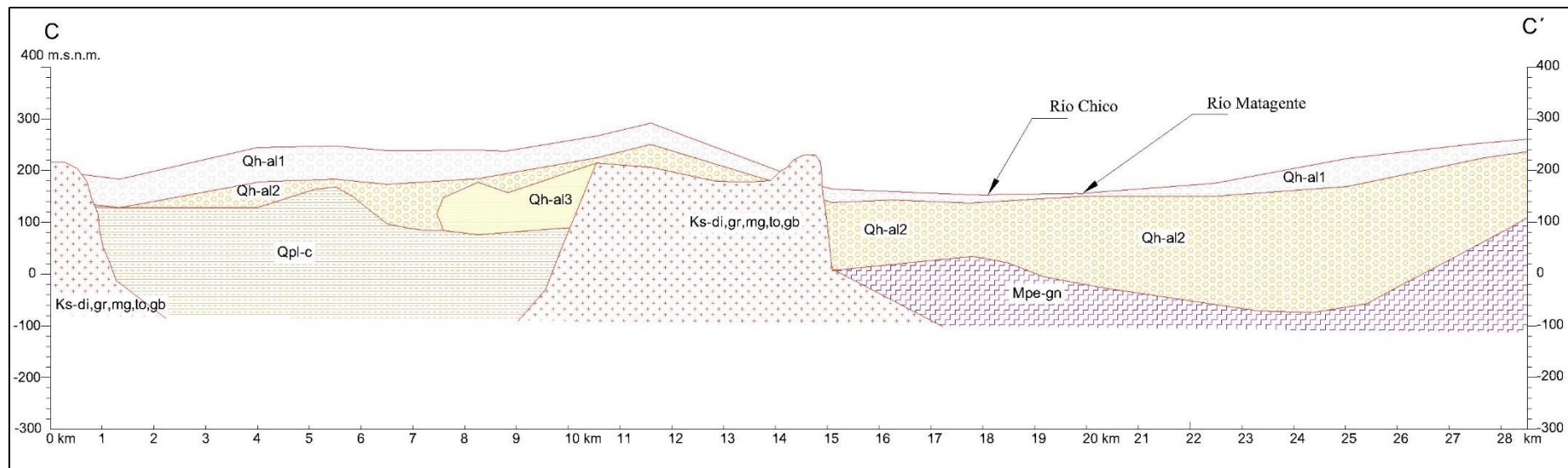


Figura 10: Sección C-C'

Fuente: ANA (2015)

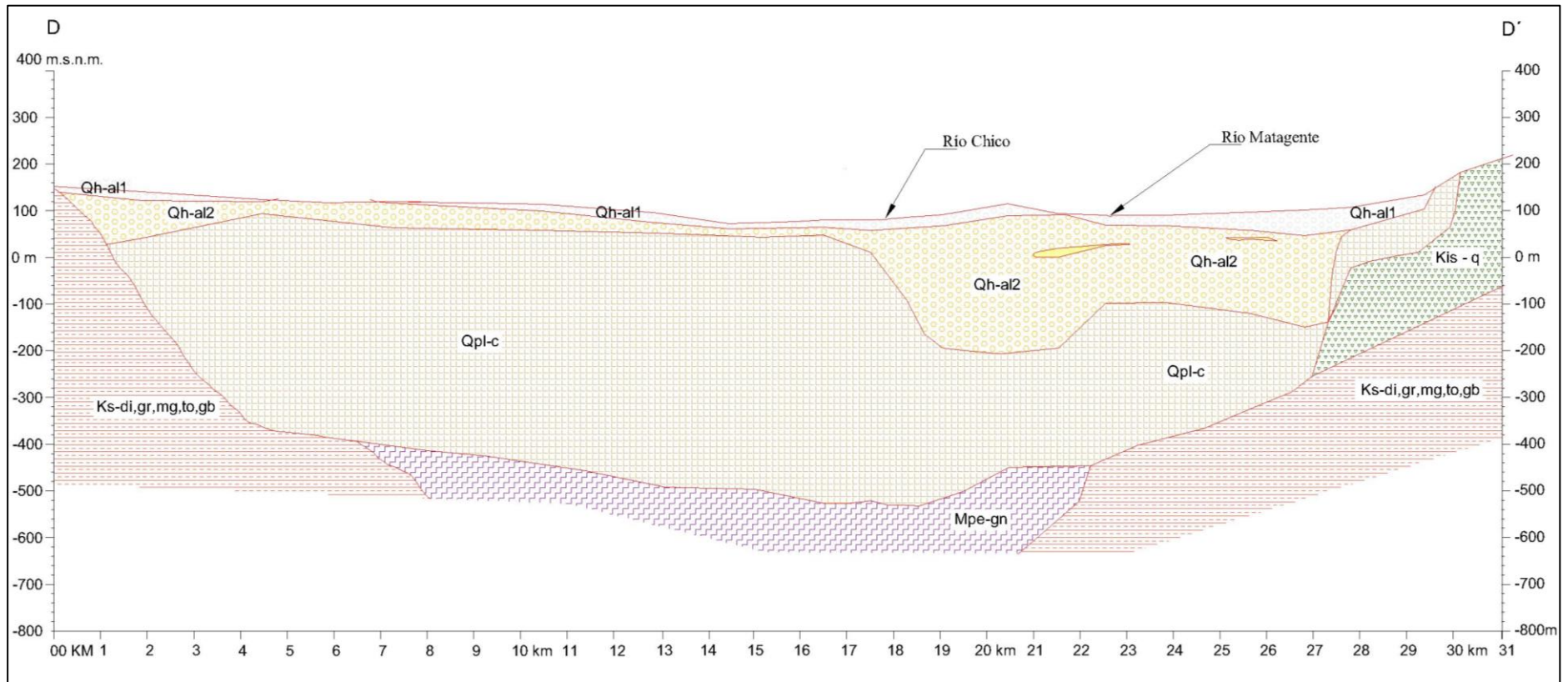


Figura 11: Sección D-D'

Fuente: ANA (2015)

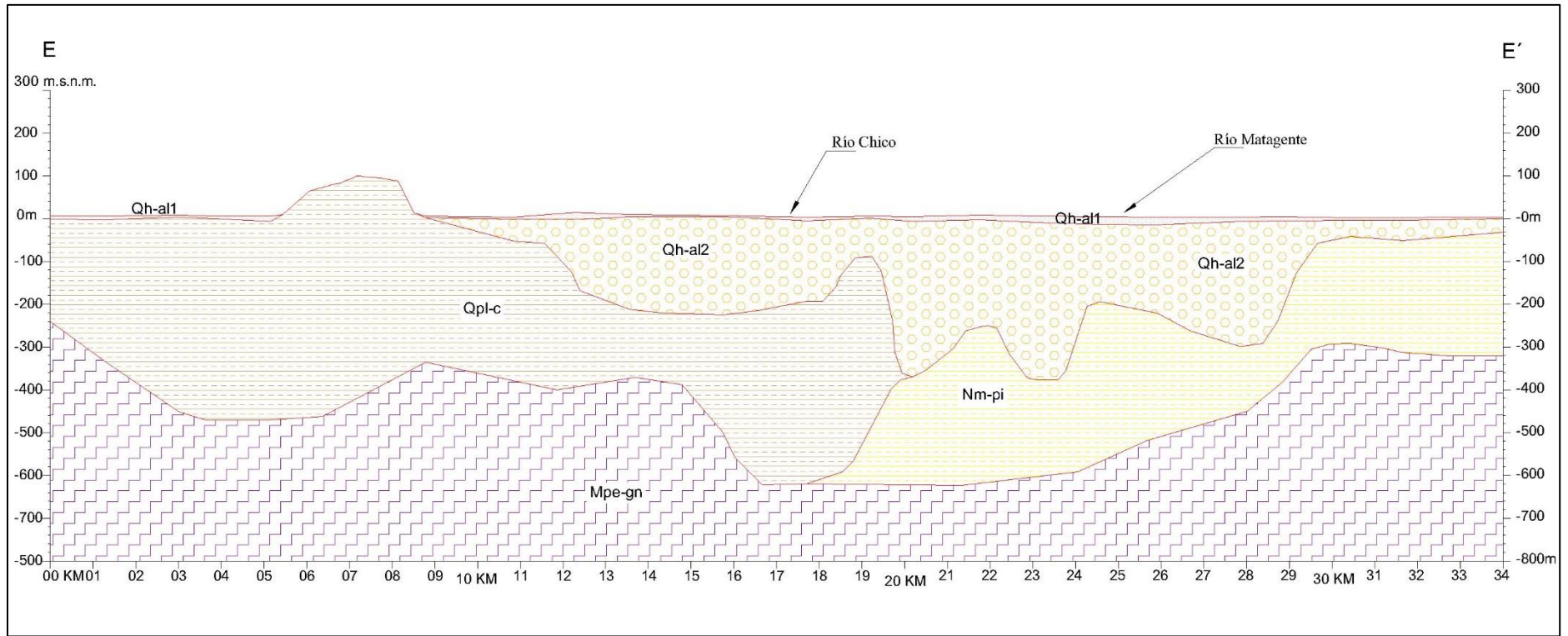


Figura 12: Sección E-E'

Fuente: ANA (2015)

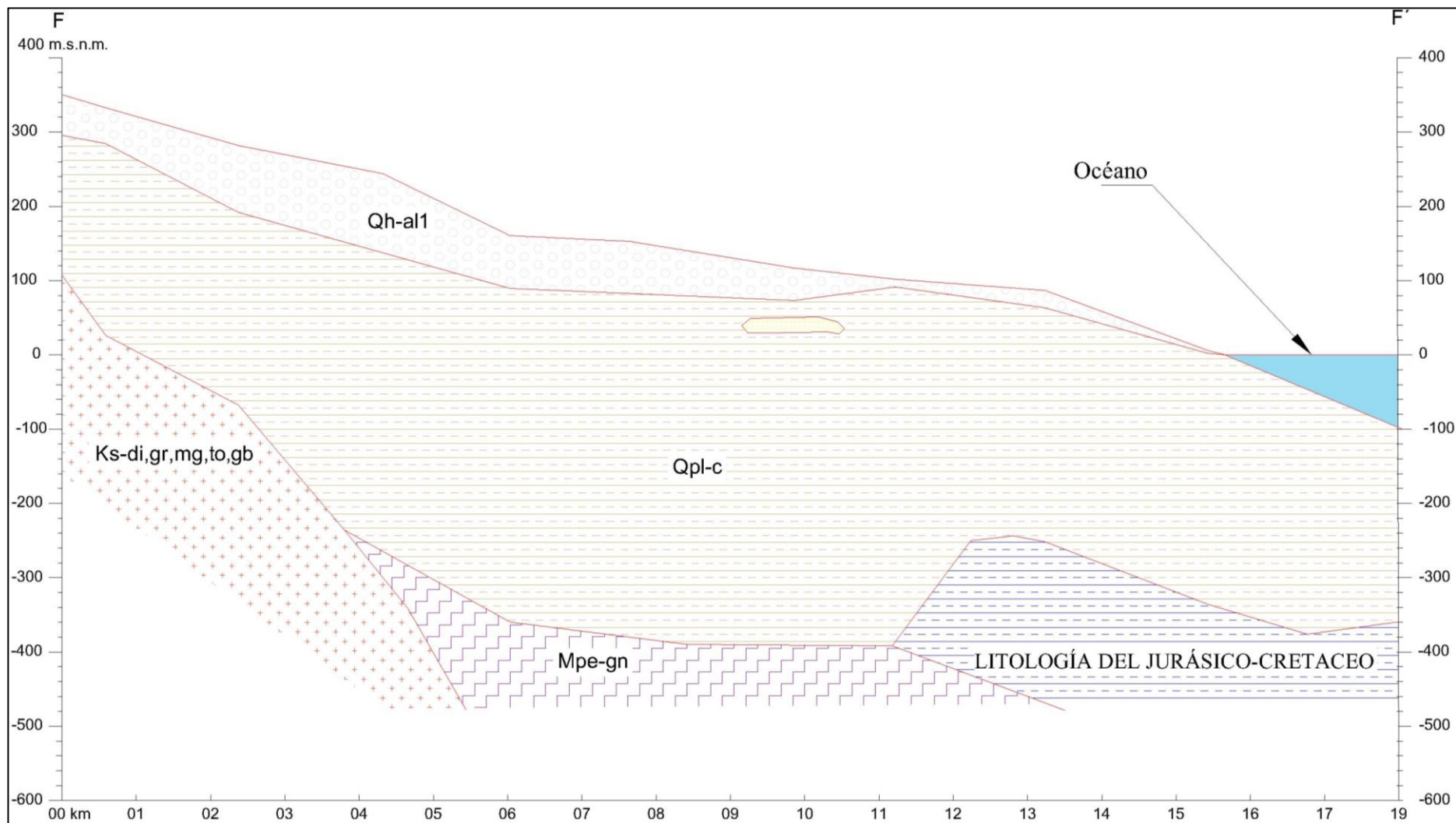


Figura 13: Sección F-F'

Fuente: ANA (2015)

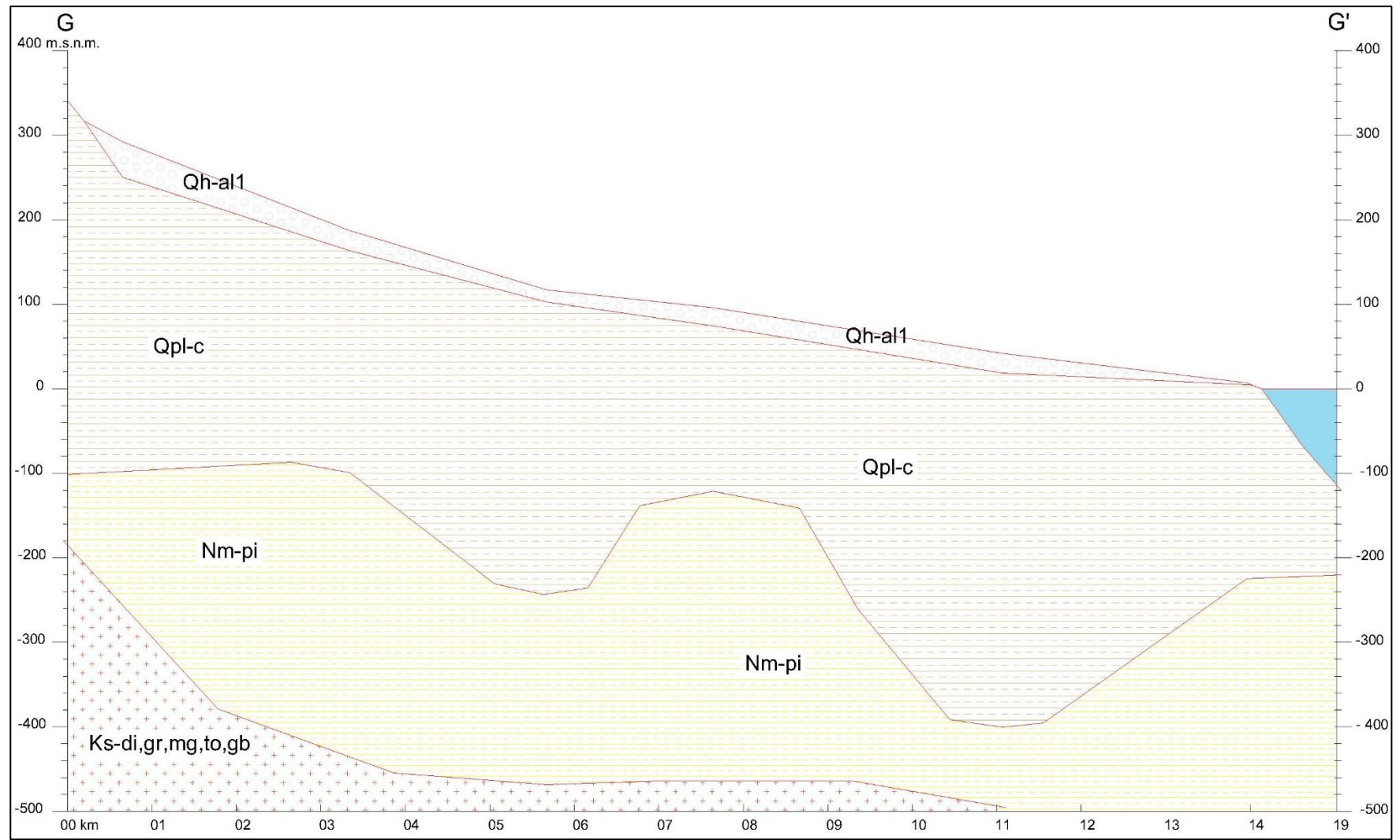


Figura 14: Sección G-G'

Fuente: ANA (2015)

La Figura 15 muestra la sección H-H', que sigue la línea de recorrido del río Chico hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. La composición del acuífero está dada por dos estratos: Depósitos Aluviales recientes y de horizonte intermedio (Qh-al1 y Qh-al2, respectivamente). En la base impermeable se encuentran Las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb), el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn) y, más cercano al litoral, se encuentra la Formación Cañete (Qpl-c), la Formación Pisco (Nm-pi) y la Litología Jurásico – Cretáceo.

La sección I-I' (Figura 16) sigue la línea de recorrido del río Matagente hasta su desembocadura en el Océano. En el acuífero se encuentran estratos de Depósitos Aluviales (Qh-al1, Qh-al2 y Qh-al3). Como límite impermeable se encuentran las Unidades Intrusivas (Ks-di,gr,mg,to,gb), el Complejo Basal de la Costa (Mpe-gn) y, más cercana al litoral, la Formación Pisco (Nm-pi).

En la Figura 17, que corresponde a la sección J-J', se observa que, en esta zona, el acuífero posee dos estratos conformados por Depósitos Aluviales de horizontes reciente e intermedio (Qh-al1 y Qh-al2). Como base impermeable se observa la Formación Quilmaná (Kis-q), la Formación Cañete (Qpl-c) y la Formación Pisco (Nm-pi).

3.2.5. Ecología

El INRENA (1995) detalla que el mapa ecológico es una manera de mostrar de forma gráfica y sintética la interacción que existe entre el clima y la vegetación. En cuanto al clima se considera la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental, las cuales están relacionadas con los pisos longitudinales. Uno de los principales usos que se le da al Mapa Ecológico del Perú tiene que ver con el clima, ya que se puede conocer un aproximado de la relación entre el valor de la evapotranspiración real y el de la precipitación. En el caso del acuífero del río San Juan, la zona de vida que le corresponde es desierto desecado – subtropical (dd-S) y en menor medida el desierto superárido – Subtropical (ds-S), Figura 18, en los cuales el valor de la evapotranspiración real es de 32 a 64 veces el valor de la precipitación. Mediante estos valores se puede afirmar que la precipitación en la zona de estudio no influye de manera directa en la recarga del acuífero, ya que ésta no satisface el requerimiento de la evapotranspiración.

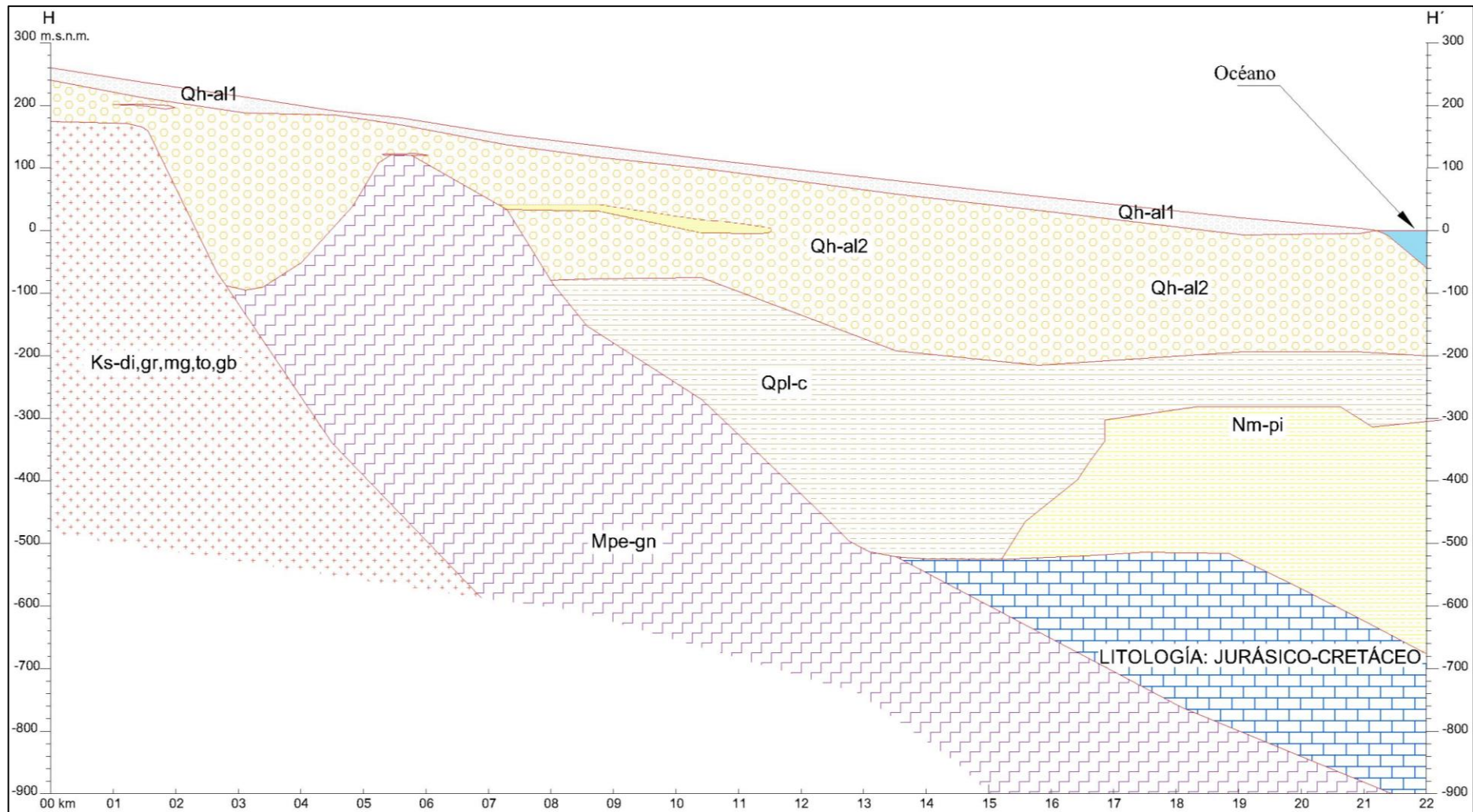


Figura 15: Sección H-H'

Fuente: ANA (2015)

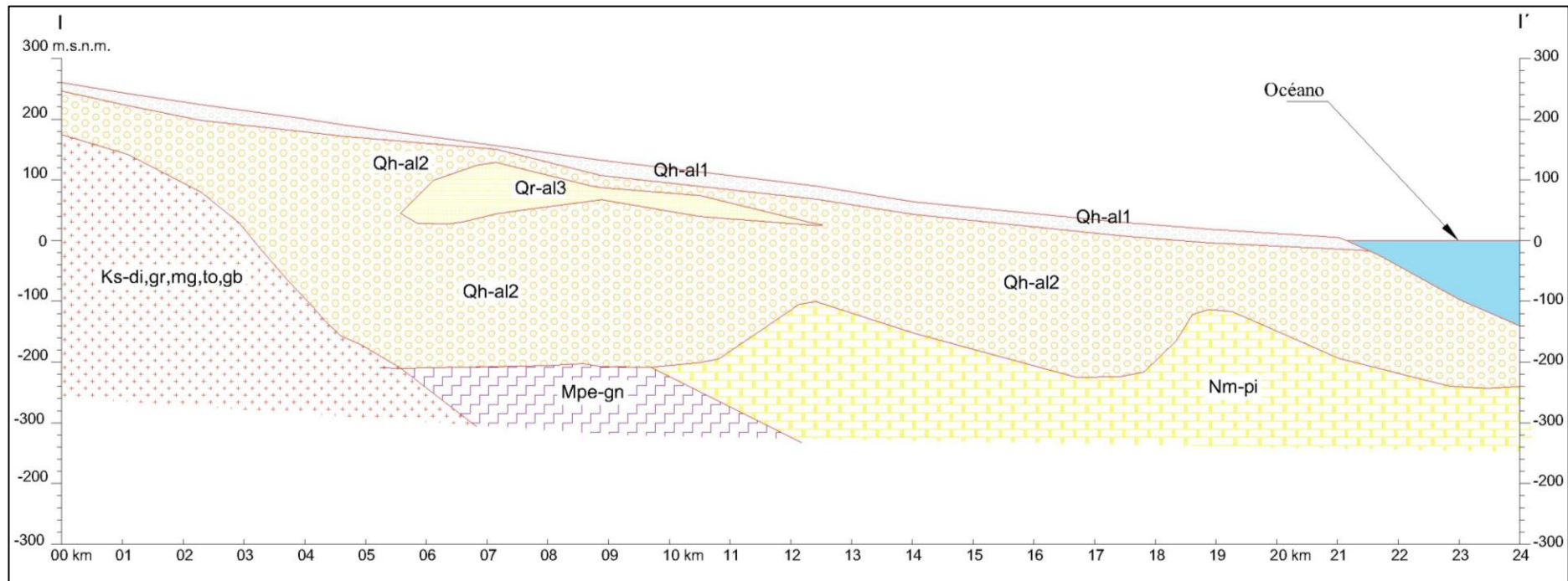


Figura 16: Sección I-I'

Fuente: ANA (2015)

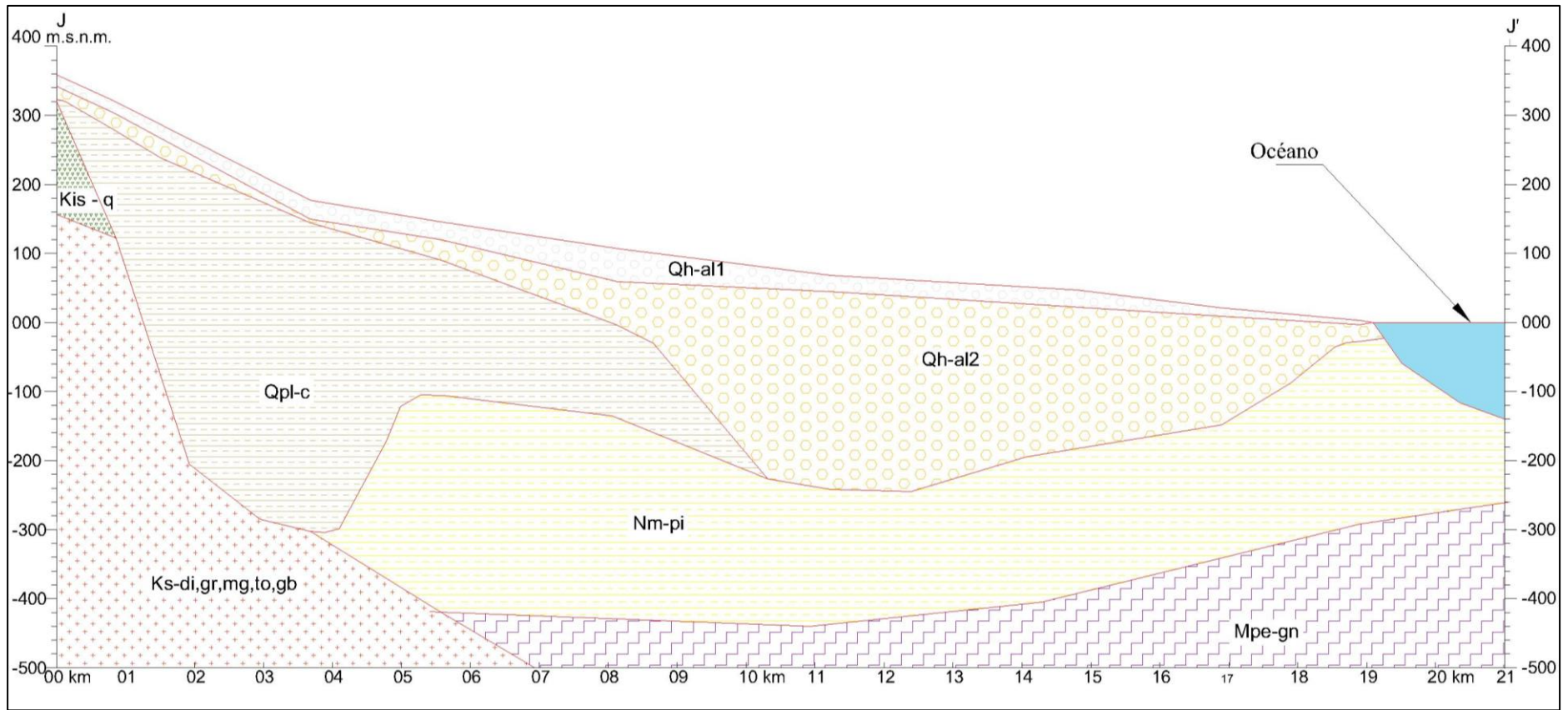


Figura 17: Sección J-J'

Fuente: ANA (2015)

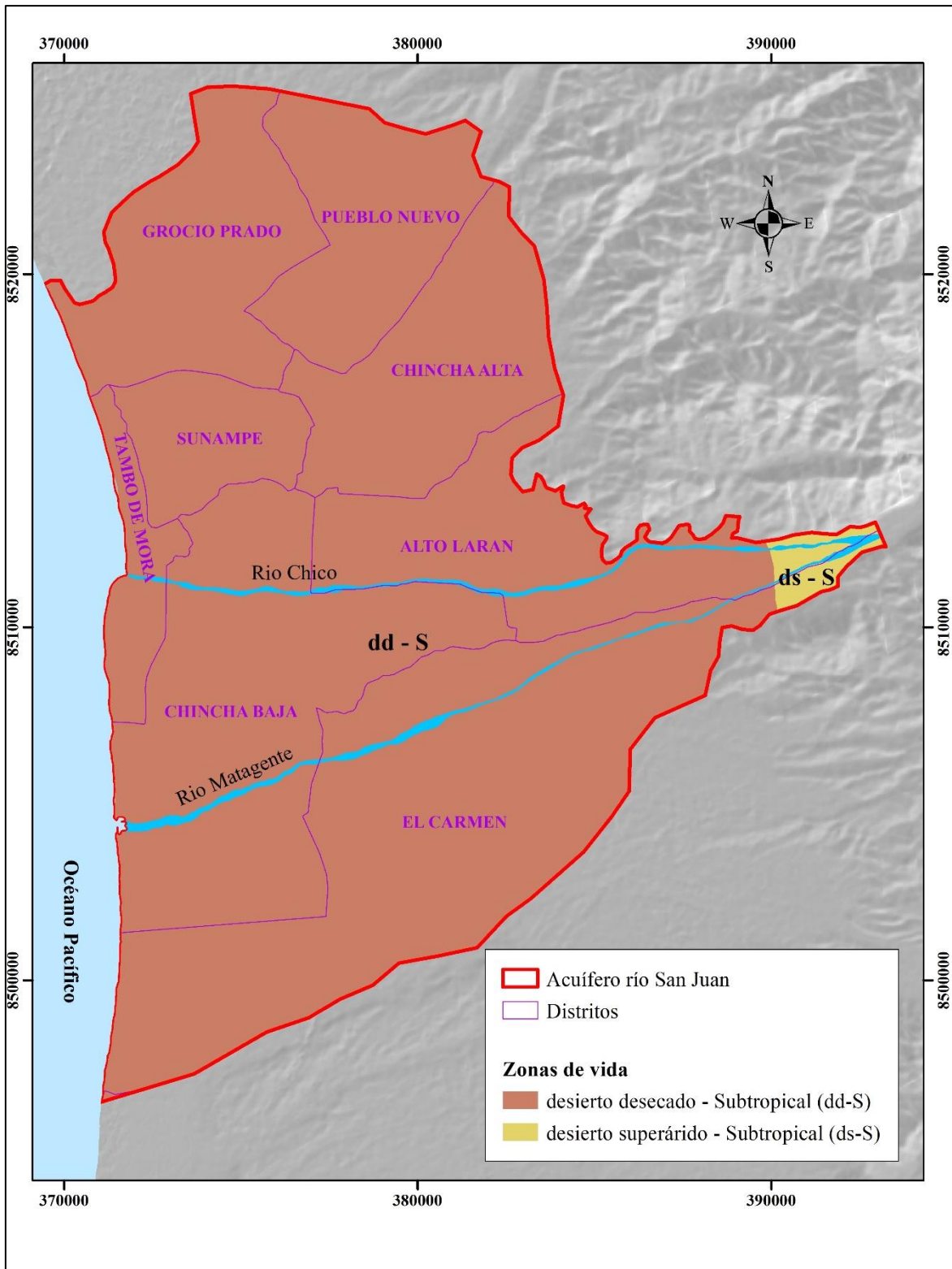


Figura 18: Mapa ecológico

Fuente: INRENA (1995)

3.2.6. Clima e hidrología

a. Temperatura

A partir de la información meteorológica recolectada, se construyó un mapa de temperatura promedio anual, incluyendo toda la cuenca del río San Juan. En la Figura 19, se observa que la zona más cálida se encuentra en la zona más baja, con una temperatura promedio anual máxima de 22.4 °C; mientras que, en la parte más alta de la cuenca, el mínimo valor bordea los siete grados centígrados.

b. Precipitación

A lo largo de la cuenca la precipitación varía en un rango que va desde cero en la parte baja de la cuenca hasta los 722 milímetros por año, en la parte alta. En la Figura 20, se observa la distribución espacial de la precipitación media anual en milímetros. En la zona del acuífero del río San Juan, la precipitación anual varía de cero a 10 milímetros.

3.2.7. Recarga del acuífero

No se consideró la recarga por infiltración directa de la precipitación en la zona de interés, debido a que la precipitación promedio anual en dicha zona es inferior a los 10 milímetros, valor no considerable para el análisis. Por las condiciones climatológicas se sabe, también, que en zonas de desierto desecado – subtropical (dd-s), el valor de la evapotranspiración supera ampliamente al de la precipitación.

Para la estimación de la recarga se tuvo en cuenta la infiltración de agua por el lecho de los ríos Chico y Matagente y la infiltración por pérdida en la eficiencia de riego (conducción, distribución y aplicación) en los diferentes bloques de riego. Para este análisis se tomó en cuenta la oferta de agua tanto superficial como subterránea y el volumen asignado a cada subsector de riego.

a. Oferta de agua para riego

En el Cuadro 14 se muestra el volumen de agua anual circulante por el lecho de los ríos Chico y Matagente, sin contar el volumen asignado a los subsectores de riego, según el control de los aforos realizados por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico San Juan – Chincha para ANA (2015).

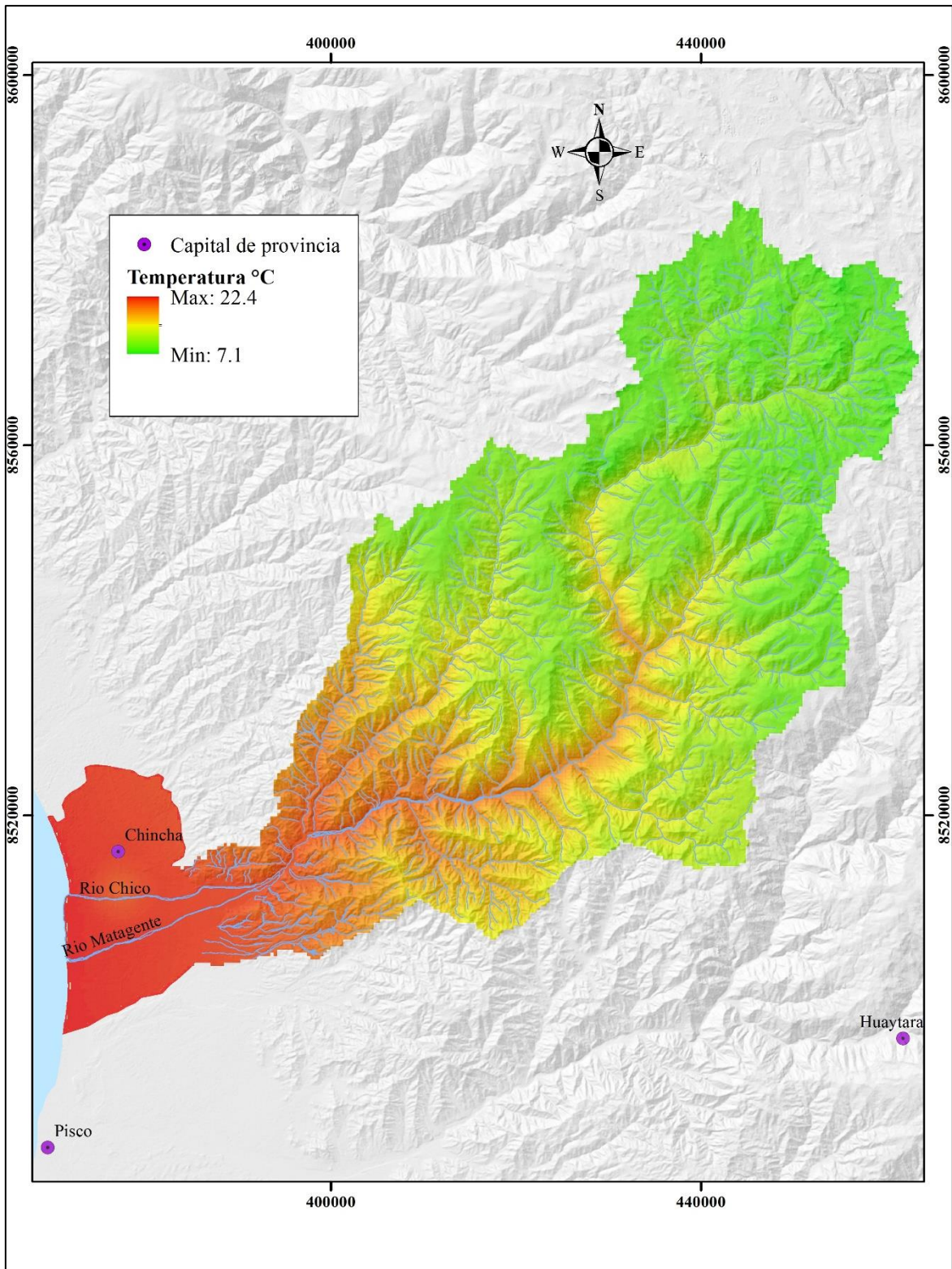


Figura 19: Mapa de temperatura promedio anual

Fuente: Elaboración propia

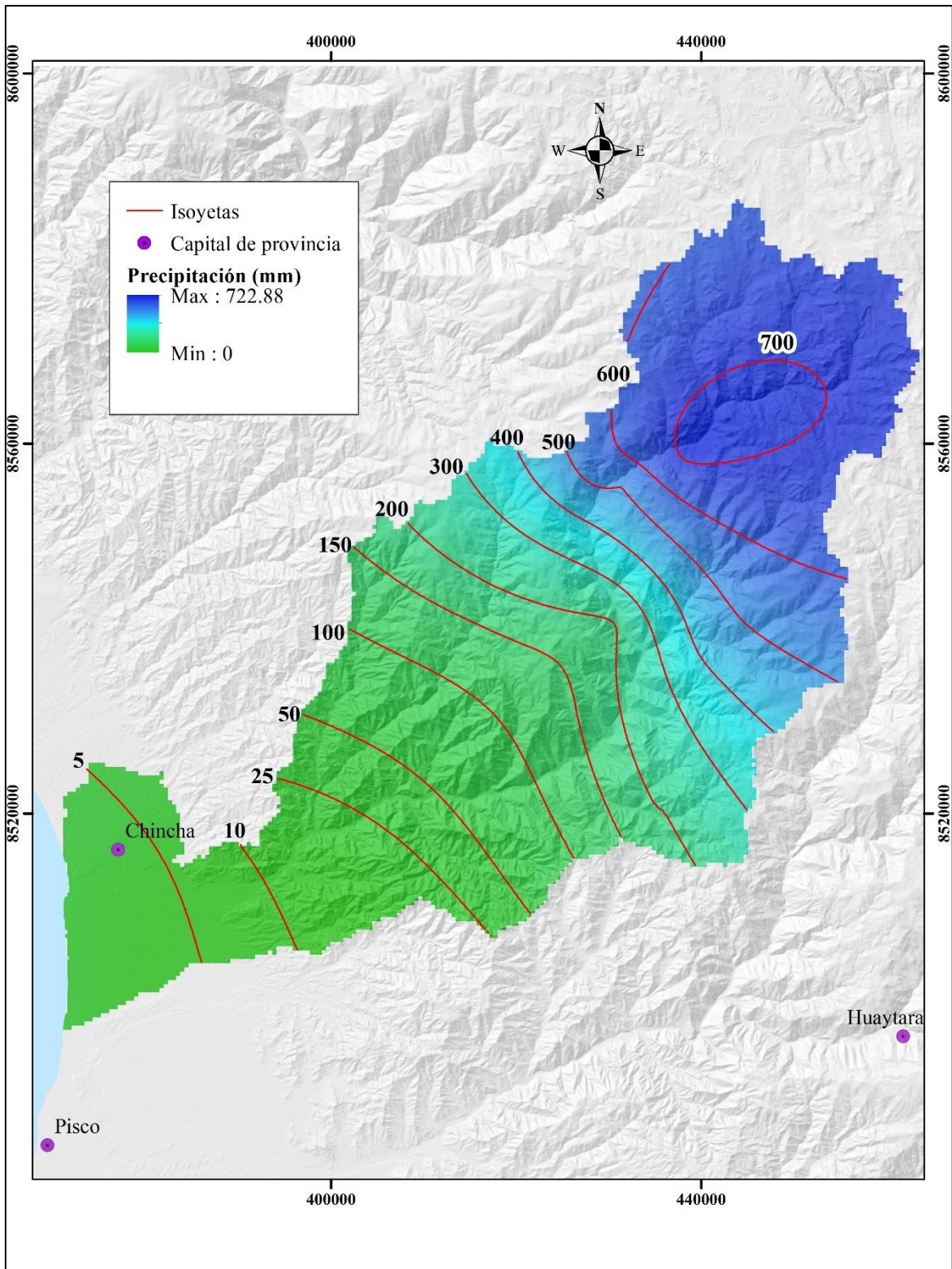


Figura 20: Mapa de isoyetas promedio anual de la cuenca San Juan

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14: Volumen anual de agua circulante en los ríos (m³)

Río	Volumen (m ³)
Río Chico	111 913 546
Río Matagente	107 610 452
Total	219 523 998

Fuente: ANA (2015)

En el Cuadro 15 se muestra el volumen de agua superficial anual, proveniente de los ríos Chico y Matagente, en metros cúbicos, que es asignada a cada subsector de riego, de acuerdo con las mediciones en sus respectivos puntos de control. La ubicación y distribución de los bloques de riego se presentan en la Figura 21.

Cuadro 15: Dotación anual de agua superficial a cada bloque de riego

Sector	Subsector	Volumen (m ³)
CHINCHA ALTA	Río Chico	1 595 871
	Irrigación Pampas de Ñoco	26 817 468
	Cauce Principal	5 601 394
	Ñoco	9 128 619
	Acequia Grande.	6 161 388
	Pilpa	1 293 038
	Sub-total	50 597 779
CHINCHA BAJA	Chincha Baja	7 948 604
	Río Viejo	10 726 284
	Chillón	8 939 939
	Matagente	12 503 105
	Sub-total	40 117 932
LA PAMPA	Chochocota	12 465 997
	Belén	9 785 792
	San Regis	10 319 158
	Pampa Baja	21 336 201
	Sub-total	53 907 147
TOTAL		144 622 858

Fuente: ANA (2015)

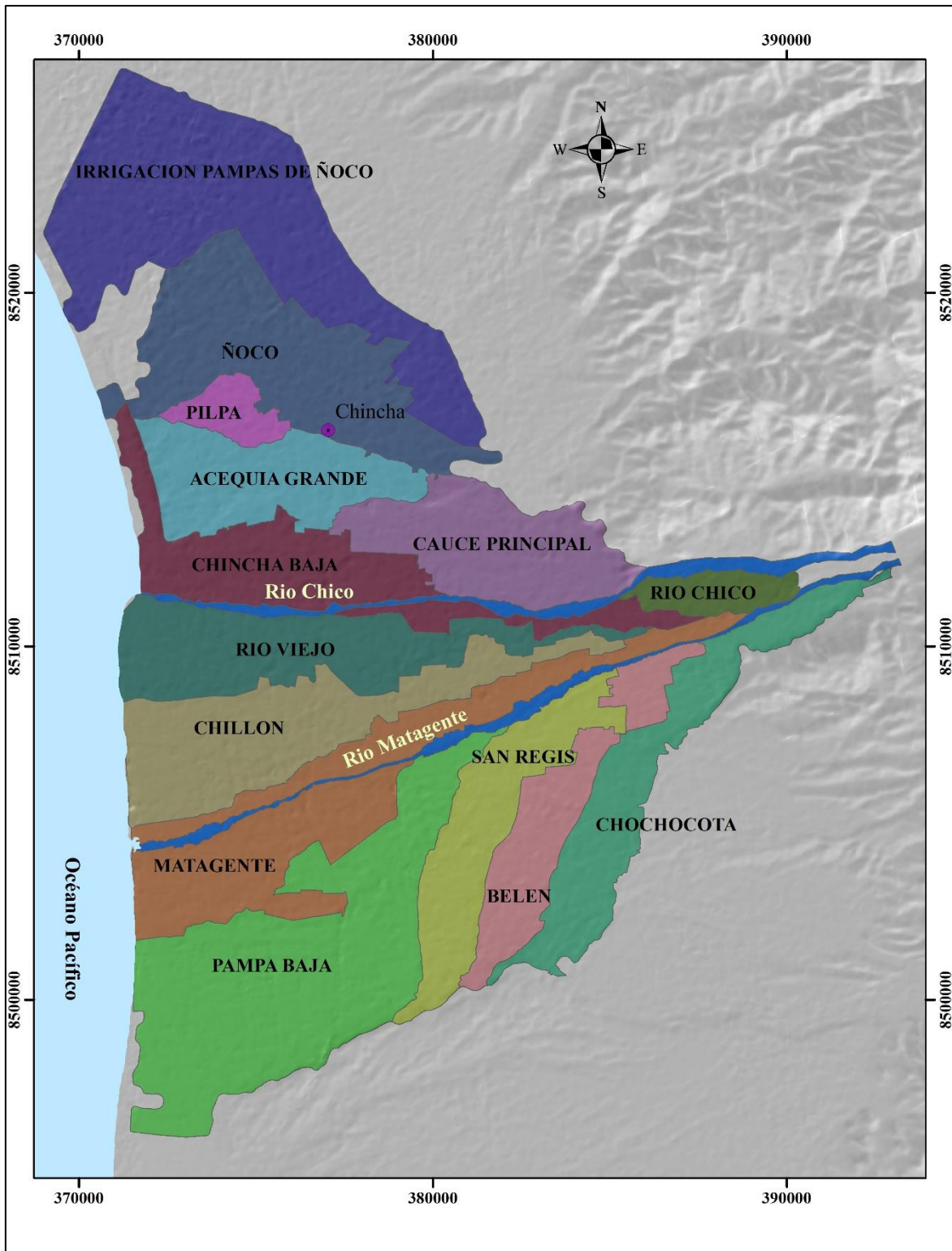


Figura 21: Mapa de ubicación de los subsectores de riego

Fuente: ANA (2015)

En el Cuadro 16 se presenta la dotación de agua subterránea, destinada para riego por gravedad, a cada bloque de riego.

Cuadro 16: Dotación anual de agua subterránea para riego por gravedad

Sector	Subsectores	Asignación de agua (m ³)
CHINCHA ALTA	Río Chico	1 134 694
	Irrigación Pampas de Ñoco	5 256
	Cauce Principal	2 702 178
	Ñoco	0,0
	Acequia Grande	407 546
	Pilpa	0,0
	Sub – total	4 249 674
CHINCHA BAJA	Chincha Baja	1 762 198,4
	Río Viejo	2 261 346
	Chillón	2 997 783,6
	Matagente	3 900 585,6
	Sub – total	10 921 913,6
LA PAMPA	Chochocota	1 076 284,8
	Belén	1 206 818
	San Regis	1 423 154,8
	Pampa Baja	4 600 265,6
	Sub – total	8 306 523,2
TOTAL		23 478 110,8

Fuente: ANA (2015)

b. Recarga directa por el lecho de los ríos Chico y Matagente

Peña et al (2010) indican que en el valle del río Ica, la recarga del acuífero por infiltración en el lecho de dicho río corresponde al 20 por ciento del caudal. Dado el caso que el acuífero del río San Juan posee similares características y por la proximidad con el acuífero del río Ica, para el presente estudio, también se asumió que el 20 por ciento del caudal circulante por los ríos Chico y Matagente pasan a formar parte del acuífero. Teniendo en cuenta dicha consideración, el aporte al acuífero del río Chico es de 22,383 Hm³, mientras que el río

Matagente aporta 21,522 Hm³. Se debe mencionar que los meses con mayor recarga se dan en la época de avenida (enero, febrero y marzo).

La recarga por el lecho de los ríos se presenta en el Cuadro 17, tanto en metros cúbicos como en milímetros anuales, teniendo en cuenta el área aproximada que ocupa cada río en su respectivo lecho, por el cual se infiltra el agua, considerando que las formaciones geológicas están conformadas por depósitos aluviales.

Cuadro 17: Recarga anual por lecho de los ríos

Río	Área del lecho (m ²)	Volumen de agua circulante (m ³ /año)	Recarga	
			(m ³ /año)	(mm/año)
Río Chico	5 303 293,7	111 913 546	22 382 709,2	4 220,53
Río Matagente	4 308 921,81	107 610 452	21 522 090,4	4 994,77
Total	9 612 215,43	219 523 998	43 904 799,6	4 567,60

Fuente: Elaboración propia

c. Recarga por conducción y distribución de agua superficial para riego

Ramos (2004) mediante el análisis y evaluación de la eficiencia en canales de derivación, conducción y distribución, le asignó a dicha eficiencia un rango que va de 75 a 90 por ciento. Para este estudio, al tratarse de canales, en su gran mayoría sin revestimiento, se asumió una pérdida por infiltración de 20 por ciento del volumen anual asignado a cada bloque de riego. En el Cuadro 18 se muestra los valores de la recarga, en cada bloque de riego, debido a la pérdida, por infiltración, en la conducción y distribución del agua proveniente de los ríos Chico y Matagente.

d. Recarga por aplicación de agua superficial para riego

Ramos (2004) mediante un análisis y evaluación de la eficiencia en la aplicación de riego por gravedad, concluye que ésta es de 55 por ciento; es decir, las pérdidas son de 45 por ciento, de las cuales 15, se pierden por evaporación y 30, por infiltración. Es por ello por lo que, en el presente estudio, se consideró que el 30 por ciento de la aplicación de agua para riego se infiltra y recarga el acuífero. Se tuvo en cuenta que en el Cuadro 15 se mostraron las dotaciones de agua para cada bloque de riego, de las cuales se le descontó el 20 por ciento por pérdidas en la conducción y distribución. La recarga del acuífero por eficiencia de aplicación de riego se presenta en el Cuadro 19.

Cuadro 18: Recarga por conducción y distribución de agua superficial

Subsector	Área (m ²)	Volumen asignado (m ³ /año)	Recarga	
			(m ³ /año)	(mm/año)
Río Chico	4 698 579,17	1 595 871	319 174,20	67,930
Irrigación Pampas de Ñoco	44 201 330,08	26817468	5 363 493,60	121,342
Cauce Principal	19 304 237,26	5 601 394	1 120 278,80	58,033
Ñoco	28 110 450,13	9 128 619	1 825 723,80	64,948
Acequia Grande	17 375 014,02	6 161 388	1 232 277,60	70,922
Pilpa	4 037 729,53	1 293 038	258 607,60	64,048
Chincha Baja	22 389 036,79	7 948 604	1 589 720,80	71,004
Río Viejo	22 241 676,02	10 726 284	2 145 256,80	96,452
Chillón	25 092 457,07	8 939 939	1 787 987,80	71,256
Matagente	30 284 664,56	12 503 105	2 500 621,00	82,571
Chochocota	19 950 151,69	12 465 997	2 493 199,40	124,971
Belén	14 615 832,05	9 785 792	1 957 158,40	133,907
San Regis	17 386 633,34	10 319 158	2 063 831,60	118,702
Pampa Baja	46 752 832,88	21 336 201	4 267 240,20	91,272
Total	316 440 624,58	144 622 858	28 924 571,60	91,41

Fuente: Elaboración propia

e. Recarga por aplicación de agua subterránea para riego

Al igual que para la recarga en la aplicación de agua superficial, se asumió que el 30 por ciento de agua aplicada para riego por gravedad se pierde por infiltración, recargando el acuífero. Se debe mencionar, que hay agua subterránea usada también para riego tecnificado, pero no se consideró porque la eficiencia de esta es muy alta y no contribuye como fuente de recarga. Tampoco se consideró la eficiencia de conducción y distribución debido a que los usuarios de este recurso poseen sus propios pozos de explotación, los cuales se encuentran, por lo general, dentro de su propiedad o cerca de las zonas en donde se aplicará el riego, por lo que no existen grandes tramos de conducción.

En el Cuadro 20 se cuantifica el volumen anual de agua subterránea usada para riego por gravedad de acuerdo a cada bloque de riego y la recarga por aplicación de ésta.

Cuadro 19: Recarga por aplicación de agua superficial para riego

Subsector	Área (m ²)	Volumen para riego (m ³ /año)	Recarga	
			m ³ /año	(mm/año)
Río Chico	4 698 579,17	1 276 696,8	383 009,04	81,516
Irrigación Pampas de Ñoco	44 201 330,08	21 453 974,4	6 436 192,32	145,611
Cauce Principal	19 304 237,26	4 481 115,2	1 344 334,56	69,639
Ñoco	28 110 450,13	7 302 895,2	2 190 868,56	77,938
Acequia Grande	17 375 014,02	4 929 110,4	1 478 733,12	85,107
Pilpa	4 037 729,53	1 034 430,4	310 329,12	76,857
Chincha Baja	22 389 036,79	6 358 883,2	1 907 664,96	85,205
Río Viejo	22 241 676,02	8 581 027,2	2 574 308,16	115,743
Chillón	25 092 457,07	7 151 951,2	2 145 585,36	85,507
Matagente	30 284 664,56	10 002 484,0	3 000 745,2	99,085
Chochocota	19 950 151,69	9 972 797,6	2 991 839,28	149,966
Belén	14 615 832,05	7 828 633,6	2 348 590,08	160,688
San Regis	17 386 633,34	8 255 326,4	2 476 597,92	142,443
Pampa Baja	46 752 832,88	17 068 960,8	5 120 688,24	109,527
Total	316 440 624,58	115 698 286,4	34 709 485,9	109,687

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Recarga por aplicación de agua subterránea para riego

Bloque de riego	Área (m ²)	Asignación de agua (m ³ /año)	Recarga	
			(m ³ /año)	(mm/año)
Río Chico	4 698 579,17	1 134 694	340 408,2	72,449
Irrigación Pampas de Ñoco	44 201 330,08	5 256	1 576,8	0,036
Cauce Principal	19 304 237,26	2 702 178	810 653,4	41,994
Acequia Grande	17 375 014,02	407 546	122 263,8	7,037
Chincha Baja	22 389 036,79	1 762 198,4	528 659,5	23,612
Río Viejo	22 241 676,02	2 261 346	678 403,8	30,501
Chillón	25 092 457,07	2 997 783,6	899 335,1	35,841
Matagente	30 284 664,56	3 900 585,6	1 170 175,7	38,639
Chochocota	19 950 151,69	1 076 284,8	322 885,4	16,185
Belén	14 615 832,05	1 206 818	362 045,4	24,771
San Regis	17 386 633,34	1 423 154,8	426 946,4	24,556
Pampa Baja	46 752 832,88	4 600 265,6	1 380 079,7	29,519
Total	316 440 624,58	23 478 110,80	7 043 433,24	22,258

Fuente: Elaboración propia

f. Recarga total del acuífero del río San Juan en los subsectores de riego

Como recarga total por cada subsector de riego, se consideró la suma de los valores obtenidos de recarga por conducción, distribución y aplicación de agua para riego, tanto de fuente superficial como subterránea, tal como se muestra en el Cuadro 21. La recarga por infiltración en el lecho de los ríos fue presentada en el Cuadro 17.

Cuadro 21: Recarga anual total en los subsectores de riego

Subsector	Riego con agua superficial (mm/año)	Riego con agua subterránea (mm/año)	Conducción y distribución (mm/año)	Recarga total (mm/año)
Río Chico	81,516	72,449	67,930	221,9
Irrigación Pampa de Ñoco	145,611	0,036	121,342	266,99
Cauce Principal	69,639	41,994	58,033	169,67
Ñoco	77,938	0,000	64,948	142,89
Acequia Grande	85,107	7,037	70,922	163,07
Pilpa	76,857	0,000	64,048	140,91
Chincha Baja	85,205	23,612	71,004	179,82
Río Viejo	115,743	30,501	96,452	242,7
Chillón	85,507	35,841	71,256	192,60
Matagente	99,085	38,639	82,571	220,29
Chochocota	149,966	16,185	124,971	291,12
Belén	160,688	24,771	133,907	319,37
San Regis	142,443	24,556	118,702	285,7
Pampa Baja	109,527	29,519	91,272	230,32
Total	109,687	22,258	91,41	223,35

Fuente: Elaboración propia

La Figura 22 se muestra la recarga total, en milímetros anuales, en cada bloque de riego y la recarga en el lecho de los ríos Chico y Matagente.

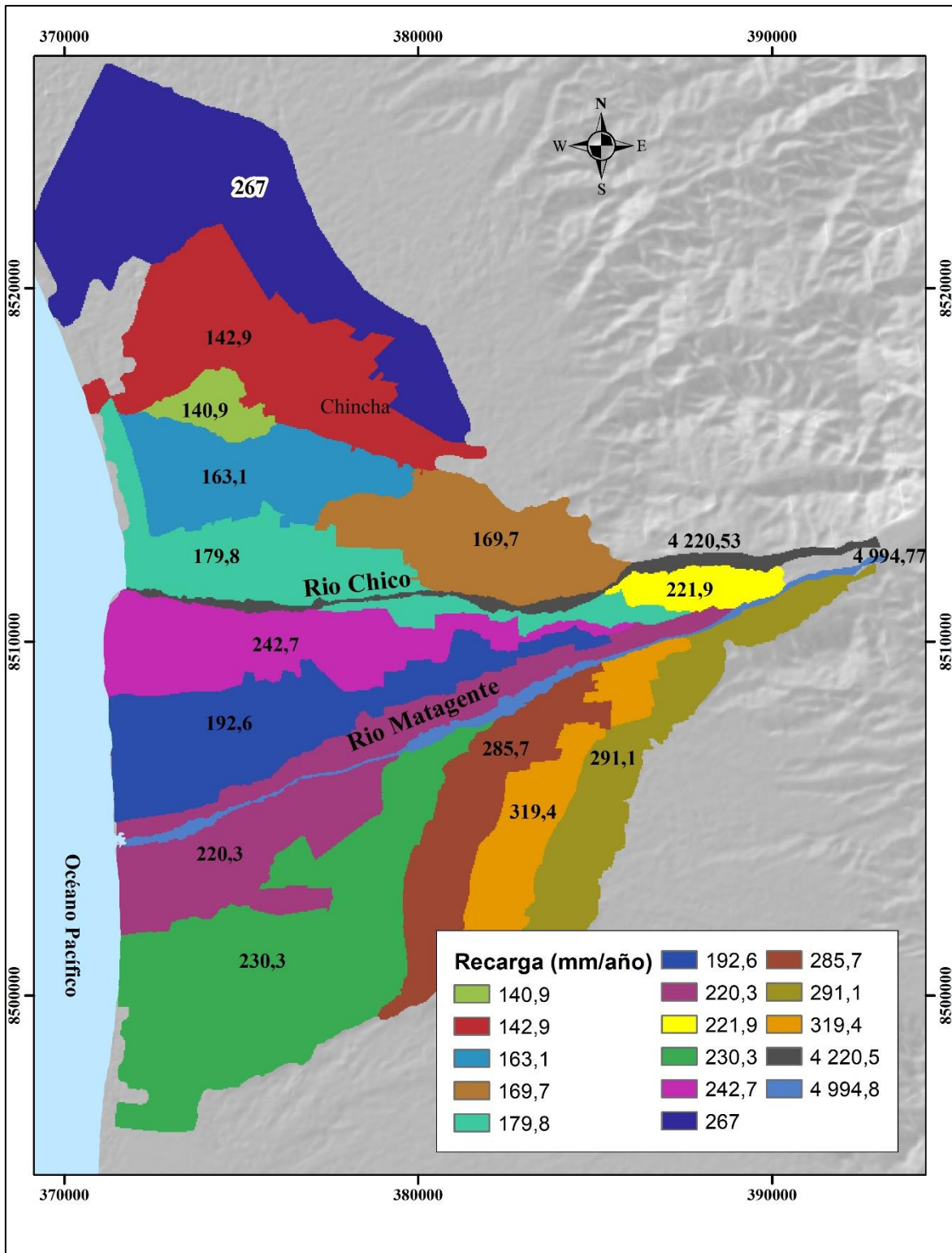


Figura 22: Recarga anual del acuífero del río San Juan

Fuente: Elaboración propia

3.2.8. Hidrogeología del acuífero del río San Juan

a. Nivel estático de la napa freática

El mapa de isopropundidad del agua subterránea se presenta en la Figura 23, se observa que el nivel estático tiene una variación que va desde un metro, en las zonas más cercanas a los ríos, debido a que son la principal fuente de recarga, hasta un valor de 60, en las zonas más alejadas de los ríos Chico y Matagente. La dirección del flujo y las líneas equipotenciales se presenta en la Figura 24. Los registros corresponden a noviembre del 2014.

b. Conductividad hidráulica

Varía de 15,75 a 101,7 m/d. Los mayores valores se encuentran en la zona sur del acuífero, mientras que los más bajos se encuentran en la zona central; es decir, en el área comprendida entre los ríos Matagente y Chico. En la Figura 25 se observa la distribución espacial de los valores de conductividad hidráulica del acuífero del río San Juan.

c. Hidrogeoquímica

Se elaboró el mapa de isoconductividad eléctrica del acuífero del río San Juan (Figura 26). Se aprecia que es variada, los valores más bajos se encuentran en la zona central del acuífero y son inferiores a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que los más altos, en zonas alejadas a los ríos, los máximos valores bordean los 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El pH del acuífero no es muy variado, como se muestra en la Figura 27, sus valores oscilan de 7,12 a 8,85, según dichos valores, el agua subterránea no presenta problemas de acidez ni de basicidad, por lo que este parámetro no limitaría su uso en actividades como la agricultura o la ganadería.

3.2.9. ELABORACIÓN DE MAPAS PARA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS

A partir de los mapas de caracterización del acuífero, se generó una base de datos geoespacial con el fin de generar los mapas correspondientes para la aplicación de los métodos DRASTIC y GOD. Se hizo uso de la herramienta ArcGIS para el geoprocesamiento de la información obtenida y la superposición y análisis de mapas. Para todos los casos, el producto final es una imagen en formato Ráster con la respectiva valoración de acuerdo a cada método aplicado. Los resultados se muestran en el capítulo IV.

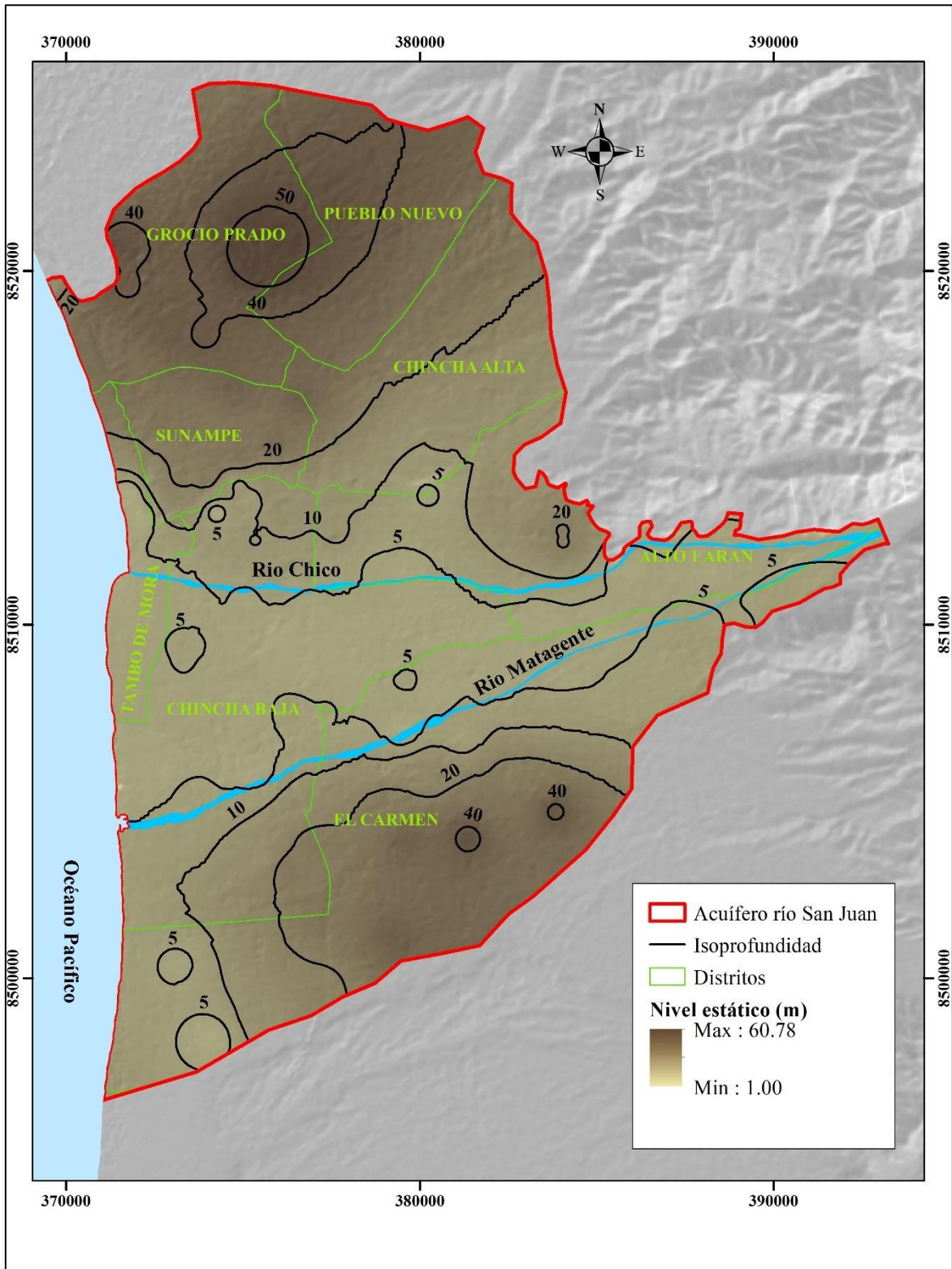


Figura 23: Mapa de isopropfundidad del nivel freático

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

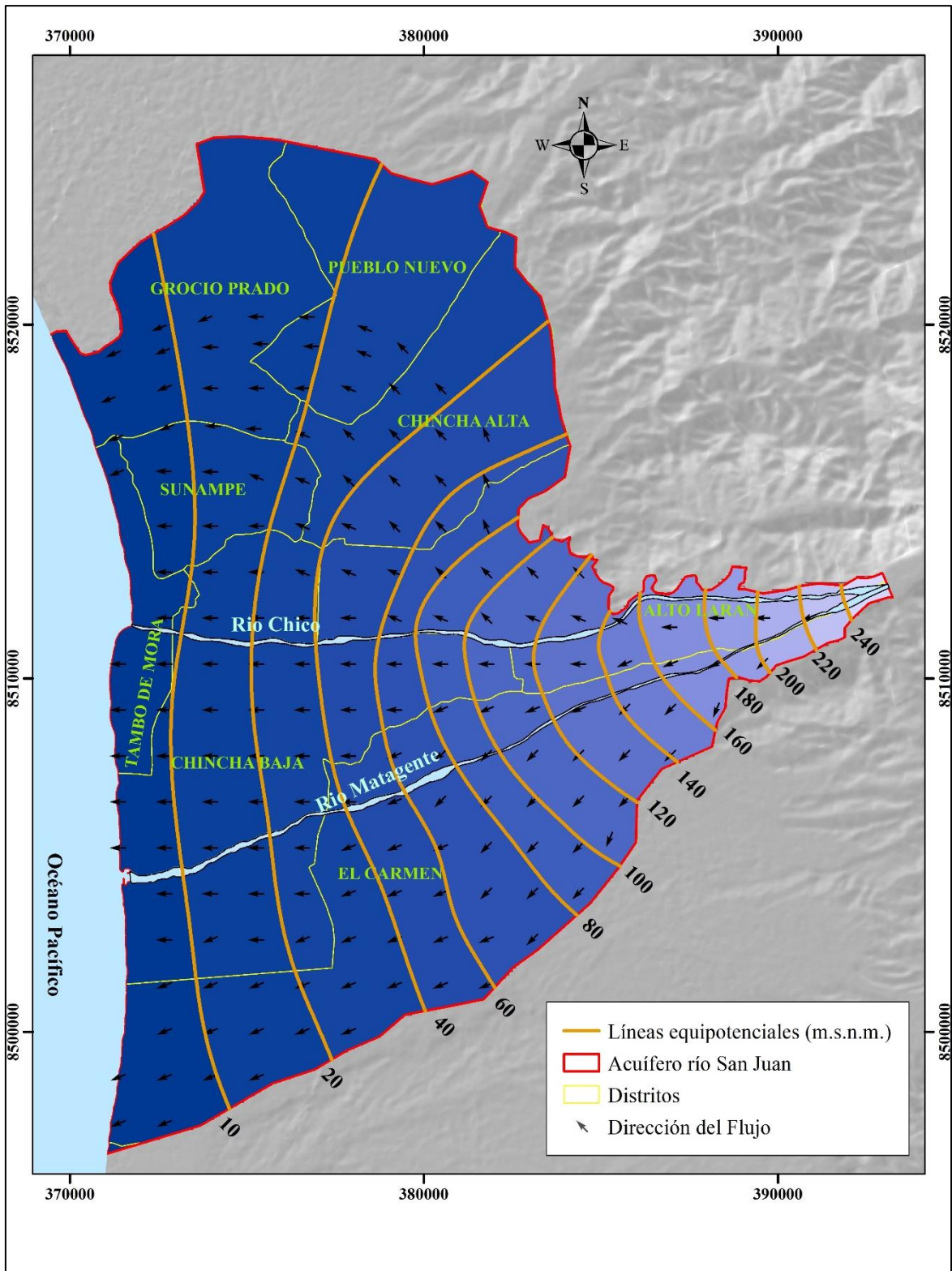


Figura 24: Mapa de curvas equipotenciales y dirección del flujo subterráneo

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

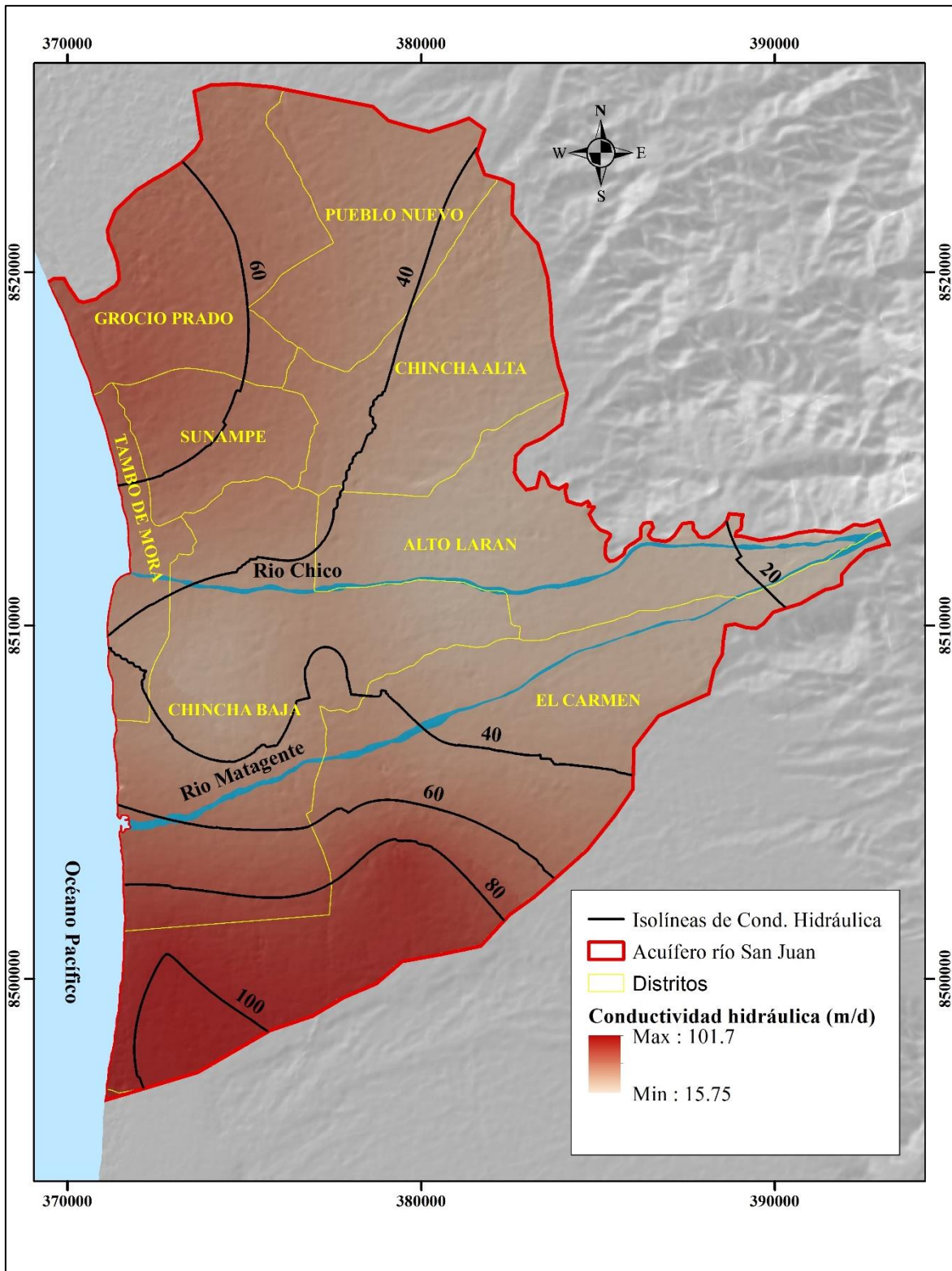


Figura 25: Mapa de isoconductividad hidráulica

Fuente: Elaboración propia con datos de la ANA (2015)

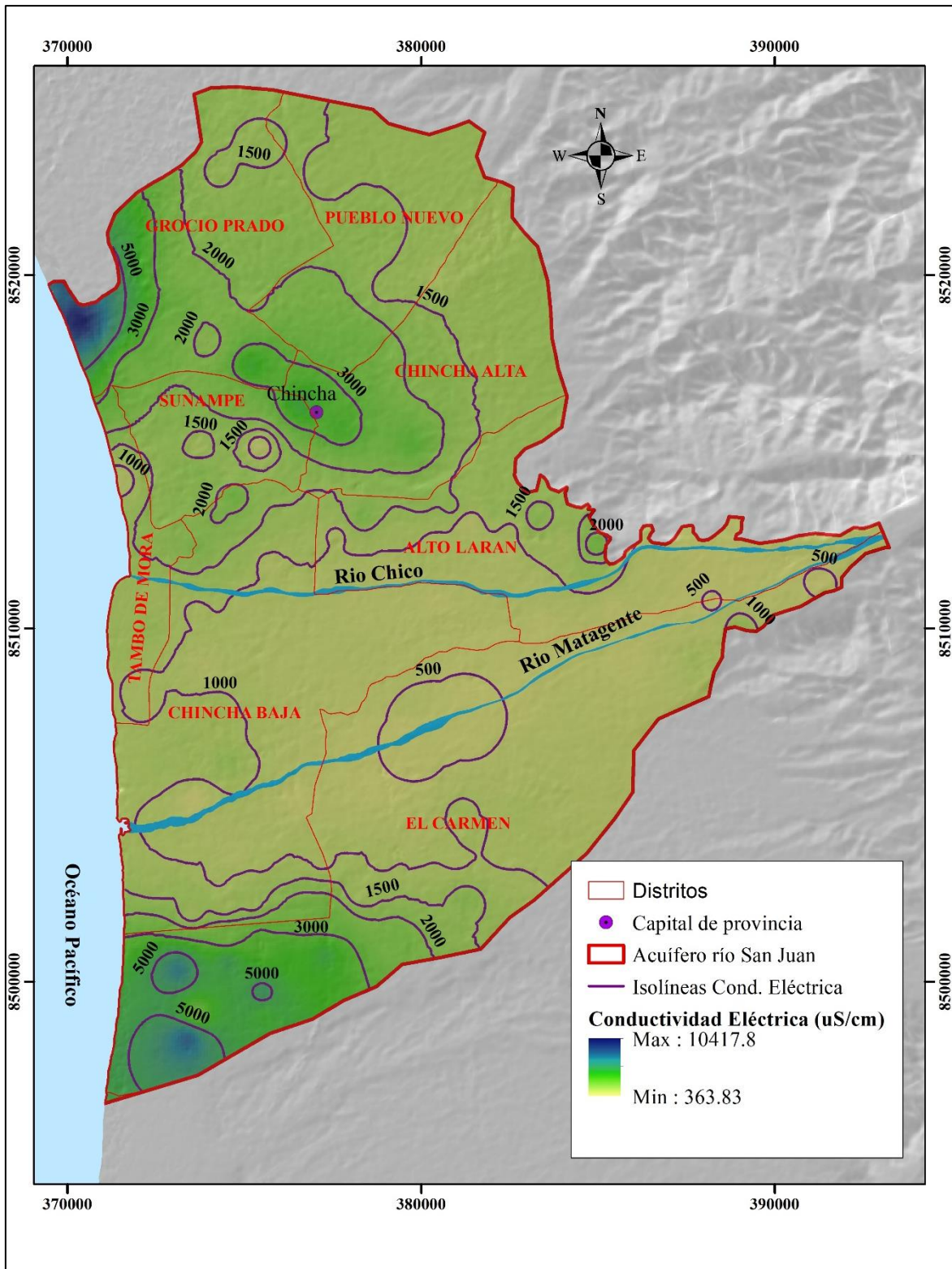


Figura 26: Mapa de isoconductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

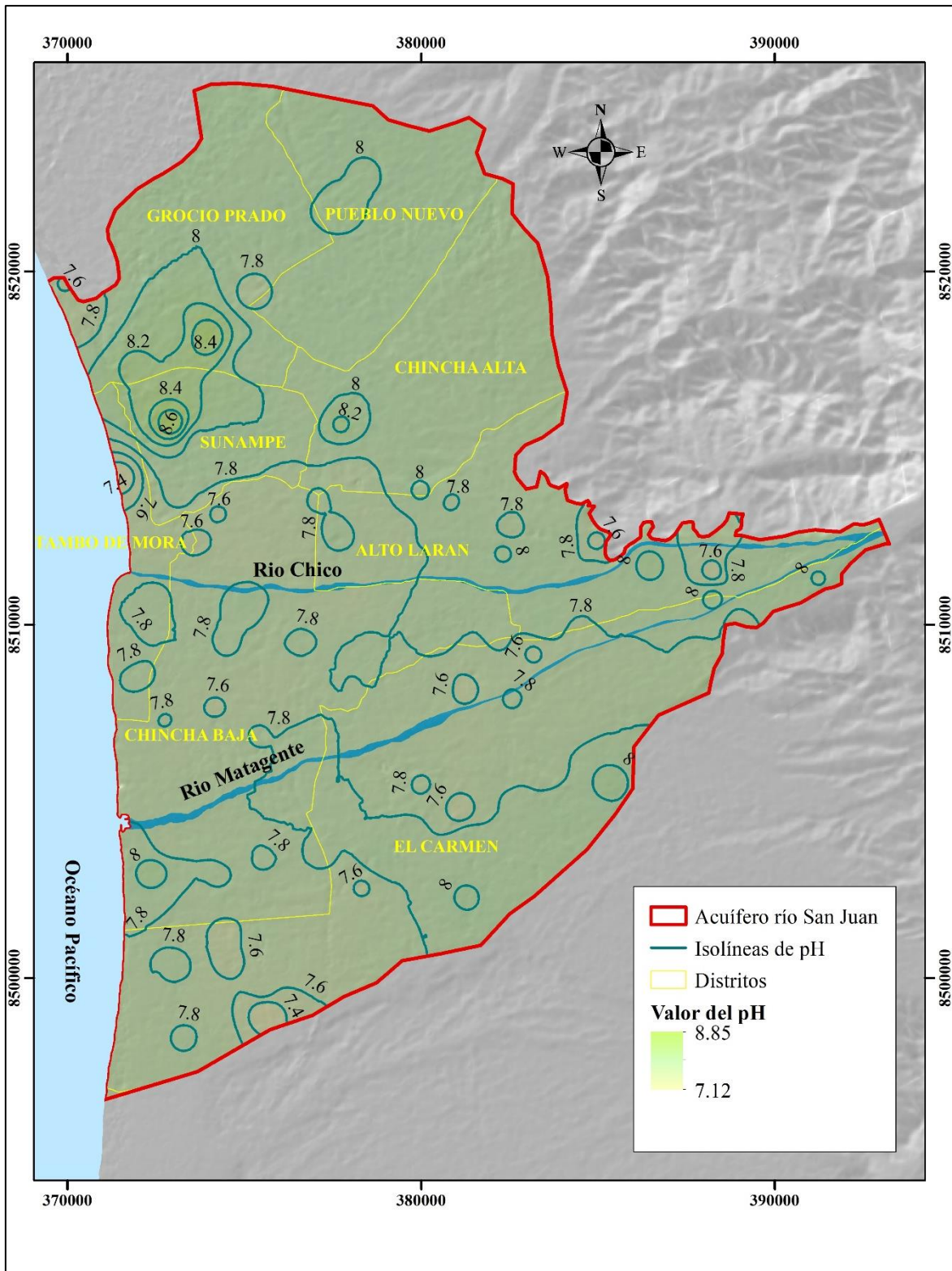


Figura 27: Mapa de isolíneas de pH del acuífero

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó el grado de vulnerabilidad y su distribución espacial, mediante la aplicación de los métodos DRASTIC y GOD, de tal manera que puedan ser comparados entre sí.

4.1. GRADO DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL MÉTODO DRASTIC

4.1.1. Índices para la aplicación del método DRASTIC

Los índices que se evaluaron para determinar la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero del río San Juan, según revisión de la literatura, fueron los siguientes.

D (Depth): profundidad del agua freática; vale decir, del nivel estático.

R (Recharge): recarga anual neta del acuífero.

A (Aquifer): litología del acuífero.

S (Soil): tipo de suelo.

T (Topography): pendiente topográfica.

I (Impact): litología de la zona no saturada

C (Hydraulic conductivity): conductividad hidráulica del acuífero.

A cada índice se le asignó un factor de valoración de vulnerabilidad “r”, el cual va de uno (mínima vulnerabilidad) a 10 (máxima vulnerabilidad), dicho valor depende de las características de cada índice evaluado. De esta manera se obtuvieron las variables “Dr”, “Rr”, “Ar”, “Sr”, “Tr”, “Ir” y “Cr”.

Así mismo, cada índice posee un factor de ponderación “w” propio, de acuerdo a su influencia dentro de la evaluación de la vulnerabilidad, dicho factor otorga pesos que van de uno a cinco, tal como se presentó en el Cuadro 8. Las variables obtenidas luego de ponderarlas son “Drw”, “Rrw”, “Arw”, “Srw”, “Trw”, “Irw” y “Crw”.

A continuación, se presenta la evaluación de cada índice con sus respectivos factores de valoración “r” y ponderación “w”.

a. D (Depth): Profundidad del nivel estático

Para el desarrollo de este índice, se trabajó en base a la información de isoprofundidad de la napa freática, haciendo una reclasificación de tal manera que se le asignó la valoración respectiva para la variable “Dr”, cuya distribución espacial se encuentra en la Figura 28.

La vulnerabilidad de este índice es mayor en cuanto la napa freática está más cerca de la superficie del terreno. El valor de vulnerabilidad más alto (10), se encuentra entre los ríos Chico y Matagente; en los cuales, el nivel estático se encuentra a menos de 1,5 m de la superficie del suelo. Mientras que los valores van disminuyendo gradualmente a medida que se alejan de dichos ríos, hasta un valor de vulnerabilidad de uno, lo cual indica que la distancia del suelo al nivel freático, en estas zonas, es mayor a 30 m.

El valor de la ponderación de este índice es de cinco, el máximo posible para este método, lo cual indica que es de gran influencia en la determinación del grado de vulnerabilidad final. Al valor “Dr” se le aplicó el respectivo valor de ponderación (w_D), el resultado corresponde a la variable “Drw” y se muestra en la Figura 29.

b. R (Recharge): Recarga neta del acuífero

En la Figura 30 se presenta la valoración respectiva para la variable “Rr”. Los valores más elevados de vulnerabilidad se dan en los lechos de los ríos, y en los subsectores de riego San Regis, Belén, Chochocota e Irrigación Pampas de Ñoco, en donde el valor de la recarga supera los 254 mm anuales, con una valoración de vulnerabilidad de nueve, que es el máximo que se le puede asignar, según lo que indica la metodología. La recarga en los lechos de los ríos Chico y Matagente son de 4220,53 y 4994,77mm, respectivamente. El menor valor es uno y se encuentra en las zonas en las que no se desarrolla la agricultura, es decir fuera de los bloques de riego. No se encuentra valoración de vulnerabilidad igual a tres, la cual se asigna a zonas con recarga que van de 50 a 103 mm; ya que, en todos los subsectores de riego, la recarga supera dichos valores. Siendo Pilpa, el de menor recarga con un valor de 140,9 mm.

En la Figura 31, se muestra el valor de “Rrw”, el cual se obtuvo de multiplicar “Rr” por su factor de ponderación correspondiente (w_R), que para este caso es cuatro. Lo cual indica que este índice; también, influye de manera considerable en la determinación del grado de vulnerabilidad final en este método.

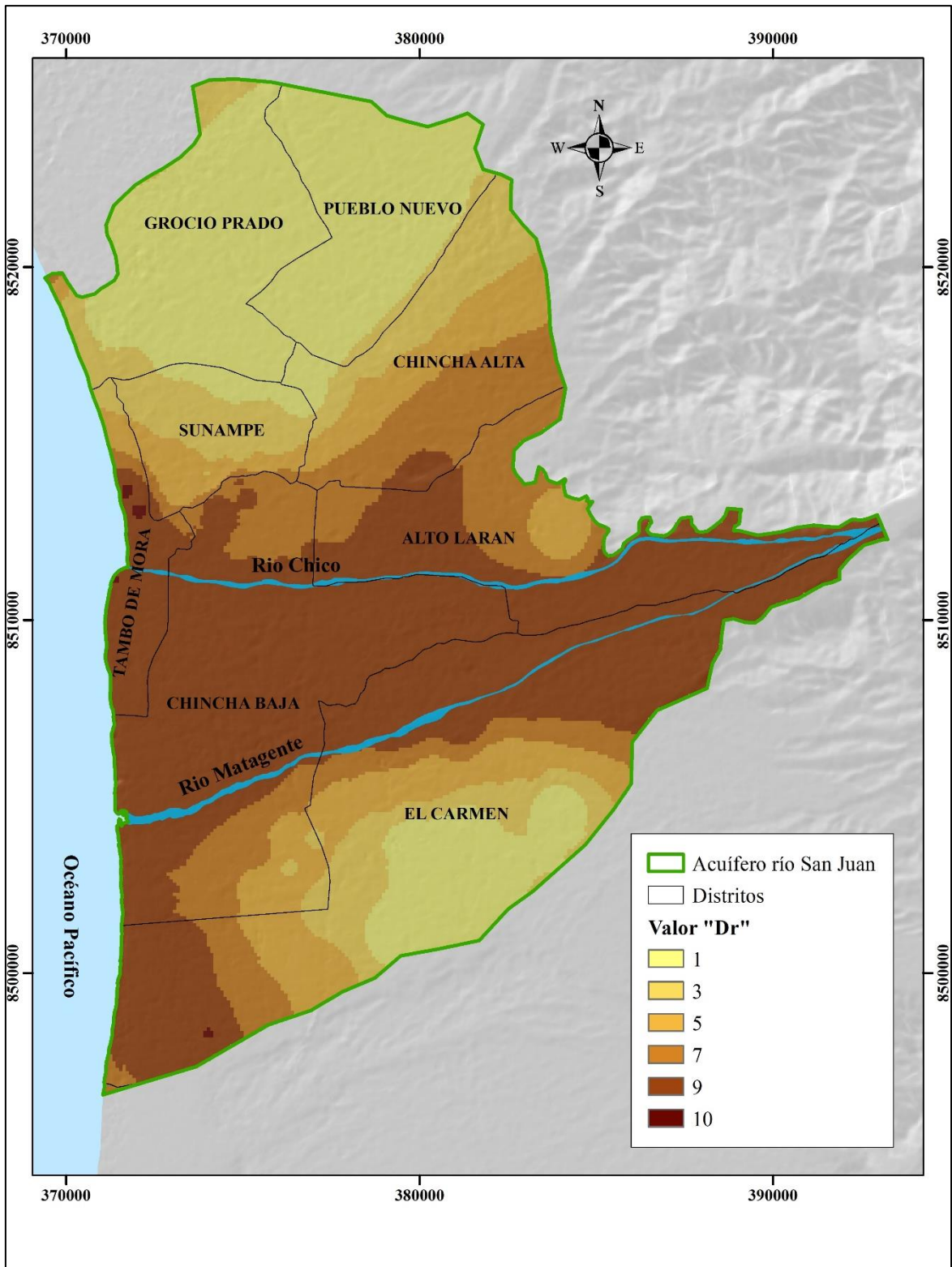


Figura 28: Valor "Dr" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

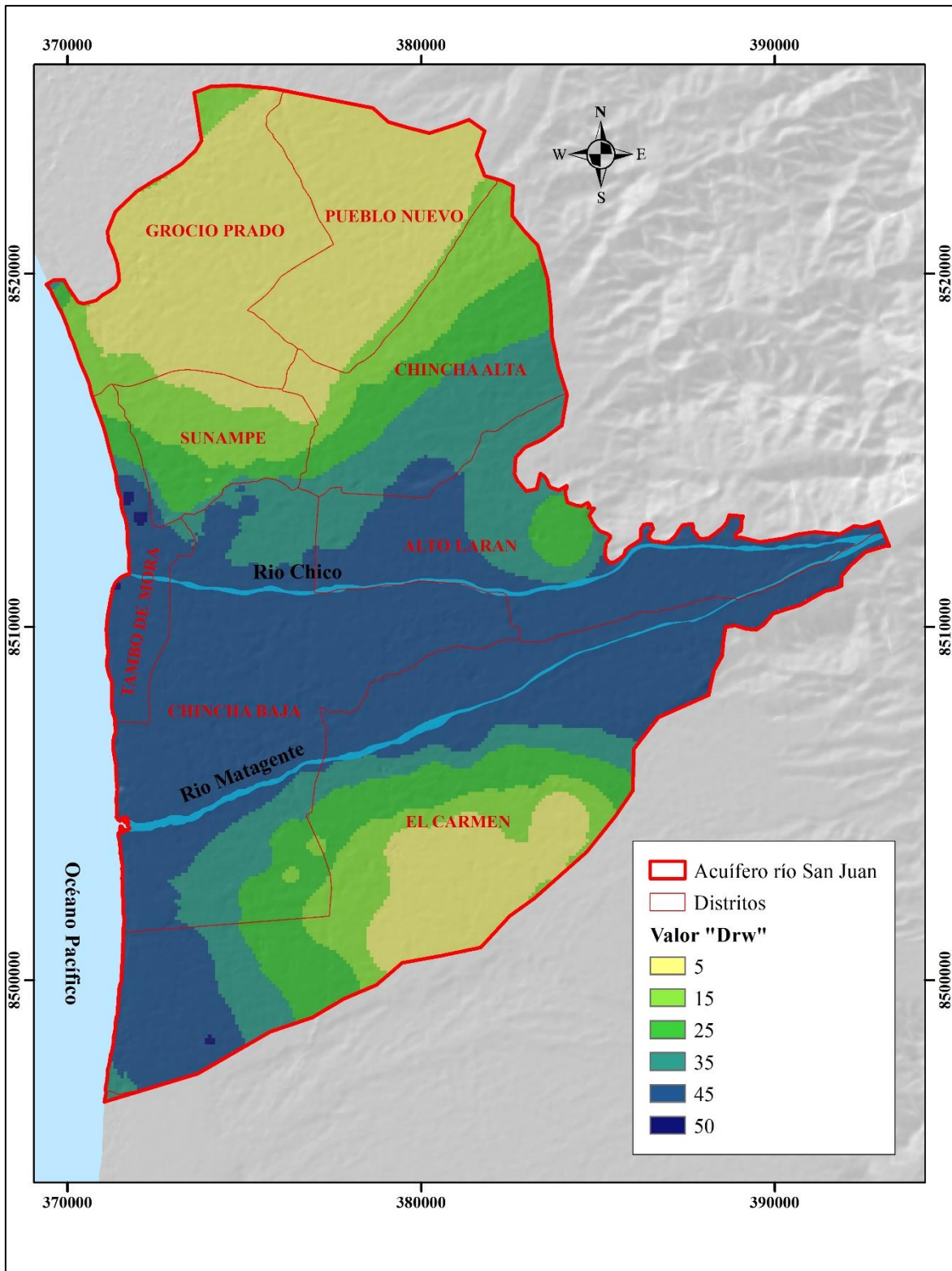


Figura 29: Valor "Drw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

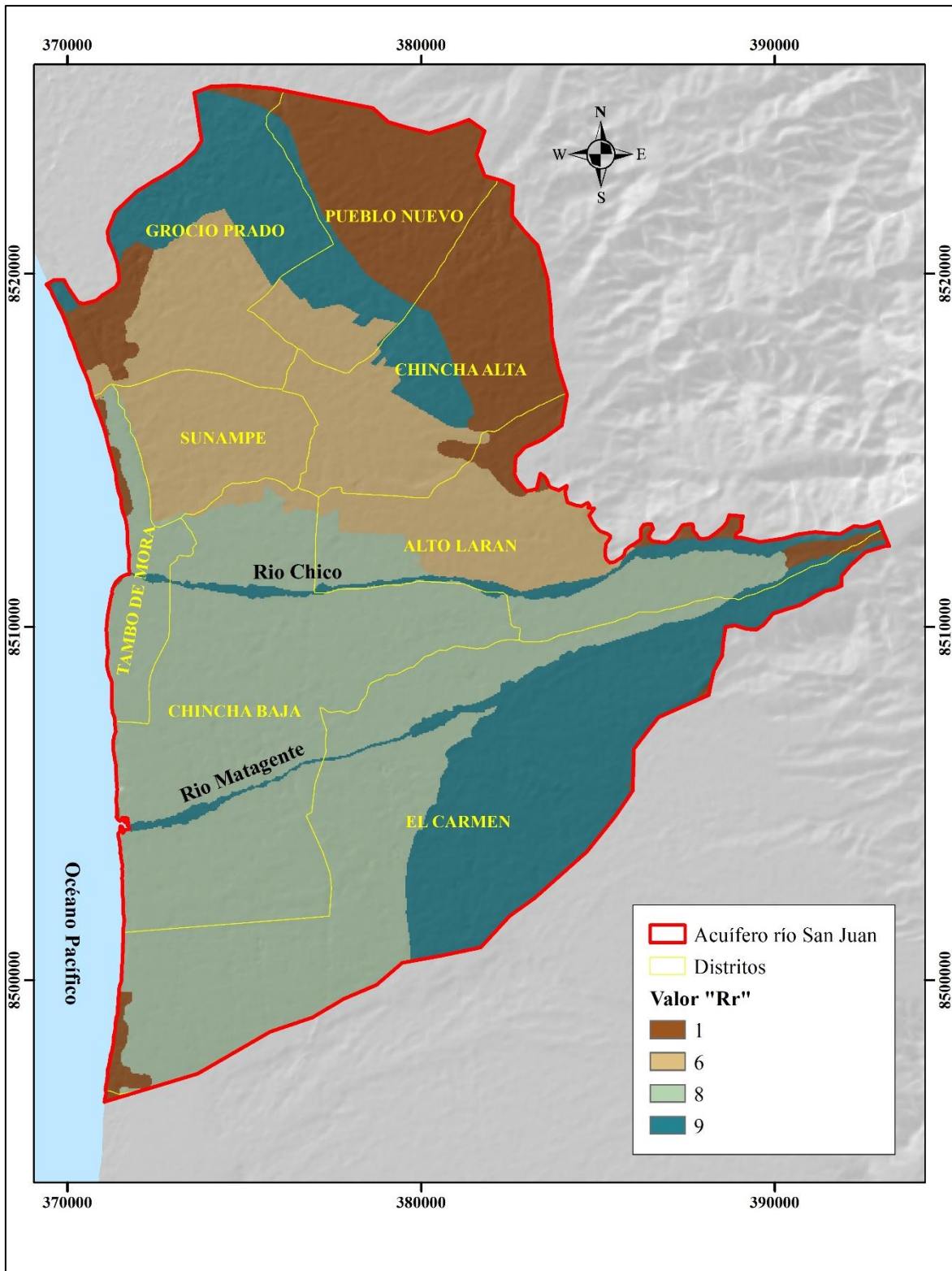


Figura 30: Valor "Rr" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

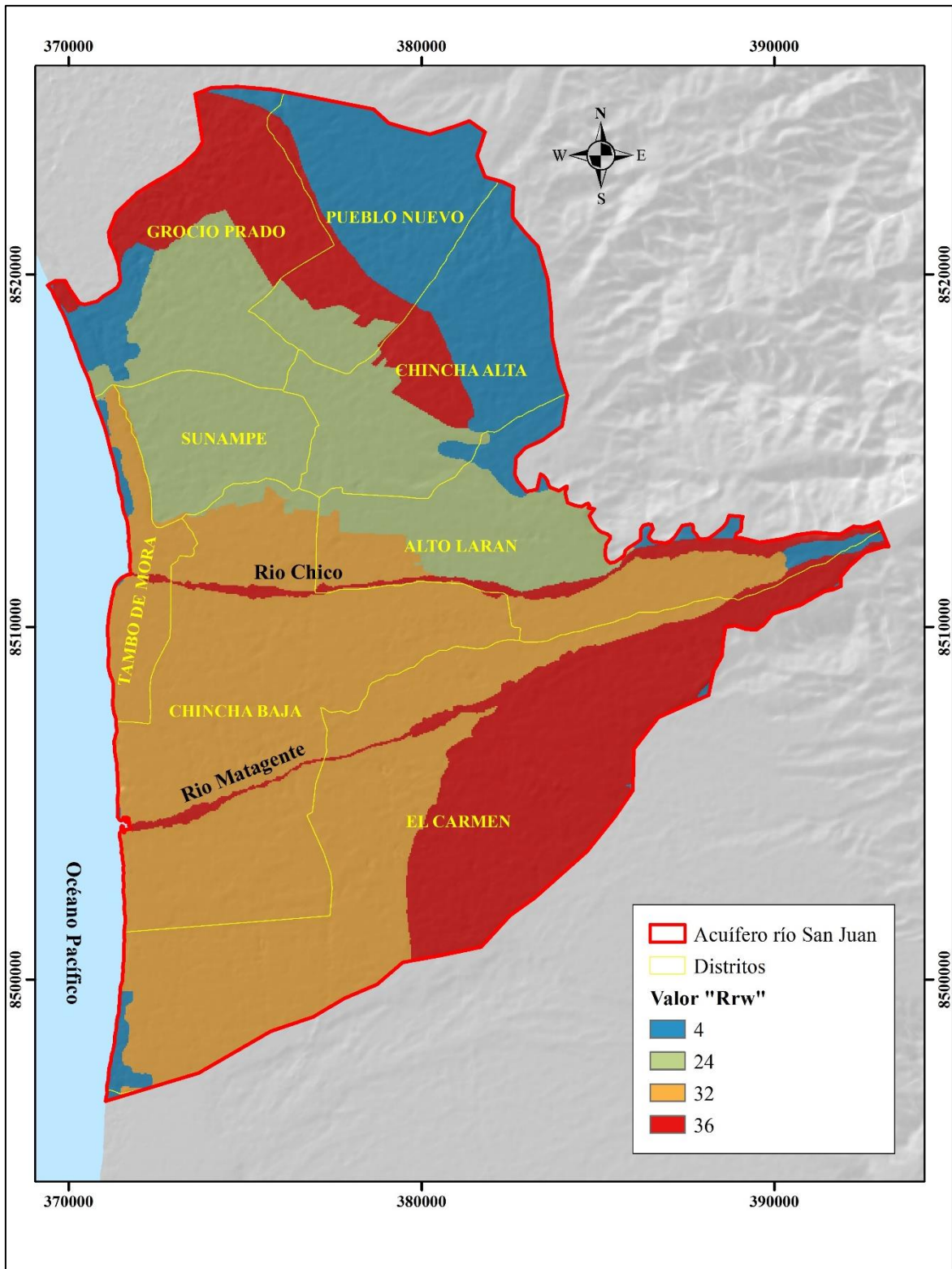


Figura 31: Valor "Rrw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

c. A (Acuifer): Litología del acuífero

Tal como se indica en el marco teórico, la evaluación de esta variable se refiere a la litología que conforma el acuífero. Erazo y Thompson (2013) indican que de presentarse diferentes estratos en el acuífero, se debe valorar el estrato superior; tal es el caso del acuífero del río San Juan, la vulnerabilidad depende del tipo de material que conforma el acuífero, en este caso por tratarse de una abanico aluvial, consta de arenas y gravas, principalmente, a lo que le corresponde una valoración de ocho, según lo que indica la metodología, para la variable “Ar”, tal como se presenta en la Figura 32. En este índice no se presenta variación en todo el territorio, tiene un valor constante.

El valor de ponderación correspondiente a este índice es de tres. Los valores de “Arw” y su distribución espacial se encuentran en la Figura 33. Se puede apreciar que posee un valor constante e igual a 24.

d. S (Soil): Tipo de suelo

Tal como se describió anteriormente, el suelo de la zona de estudio está constituido por depósitos aluviales, conformado por un material gravo arenoso y un alto contenido de cantos rodados. A la variable “Sr” se le asignó un valor de nueve por tratarse de arena, el mapa correspondiente se presenta en la Figura 34. Este índice tampoco muestra variación a lo largo del territorio.

El factor de ponderación respectivo es de dos, el cual es uno de los más bajos. El resultado del índice “Srw” se presenta en la Figura 35 y tiene un valor constante e igual a 18.

e. T (Topography): Pendiente topográfica

Para la elaboración del mapa de pendientes, se partió de un Modelo Digital de Elevación (DEM) y haciendo uso del software ArcGIS, se elaboró el mapa de pendientes (porcentaje), para luego hacer una reclasificación, de tal manera que, a cada valor de pendiente, se le otorgue la respectiva valoración, según lo que indica la metodología. Se considera una mayor vulnerabilidad cuando la superficie del terreno presenta una pendiente muy baja (de cero a dos por ciento) ya que es más fácil que el agua infiltre y no escurra por dicha superficie, como es el caso de gran parte de la zona de estudio, a la cual le corresponde un valor de diez. Al tener un factor de ponderación igual a uno, valor “Tr” es el mismo que para “Trw”, el cual se muestra en la Figura 36.

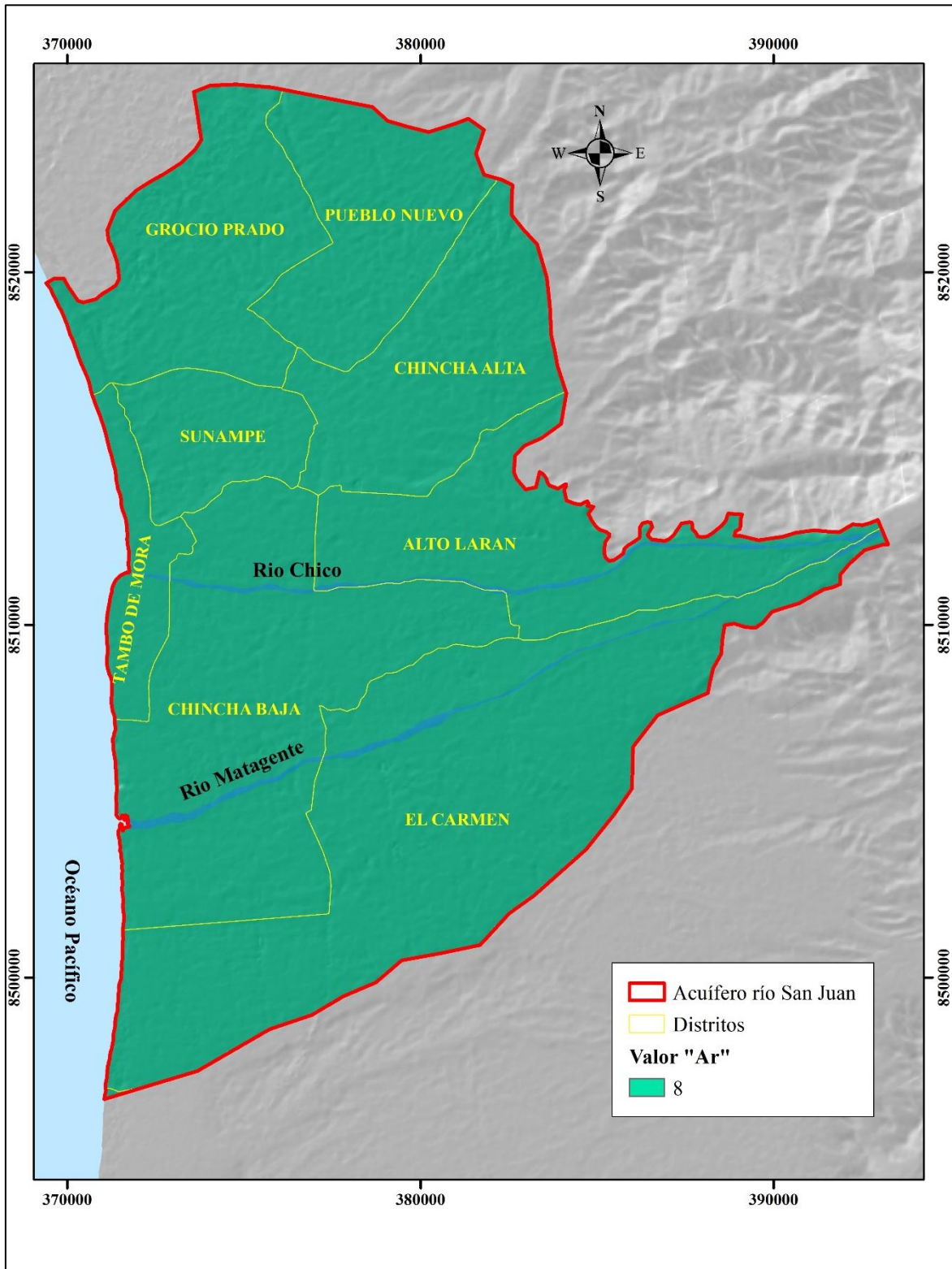


Figura 32: Valor "Ar" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

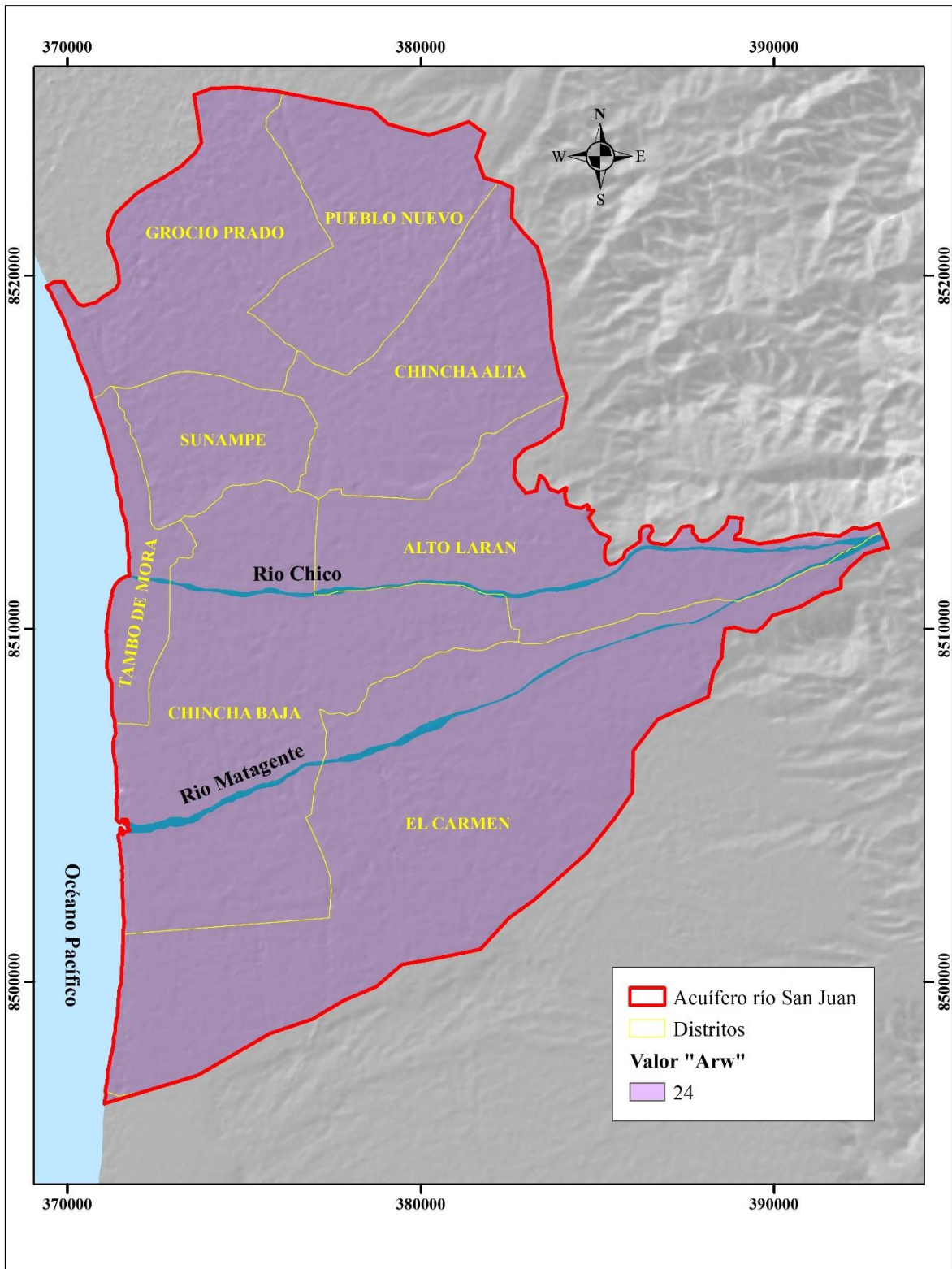


Figura 33: Valor "Arw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

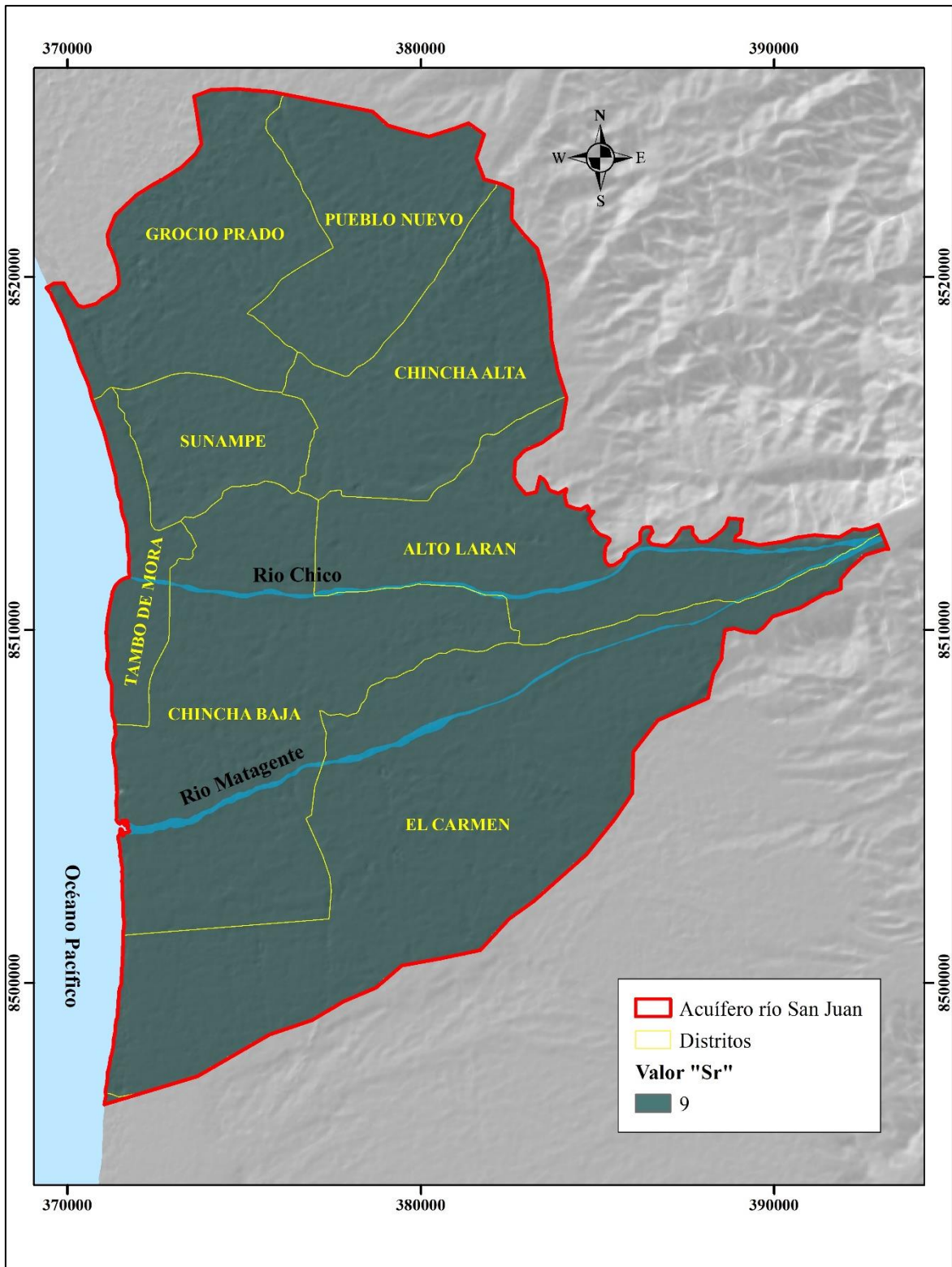


Figura 34: Valor "Sr" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

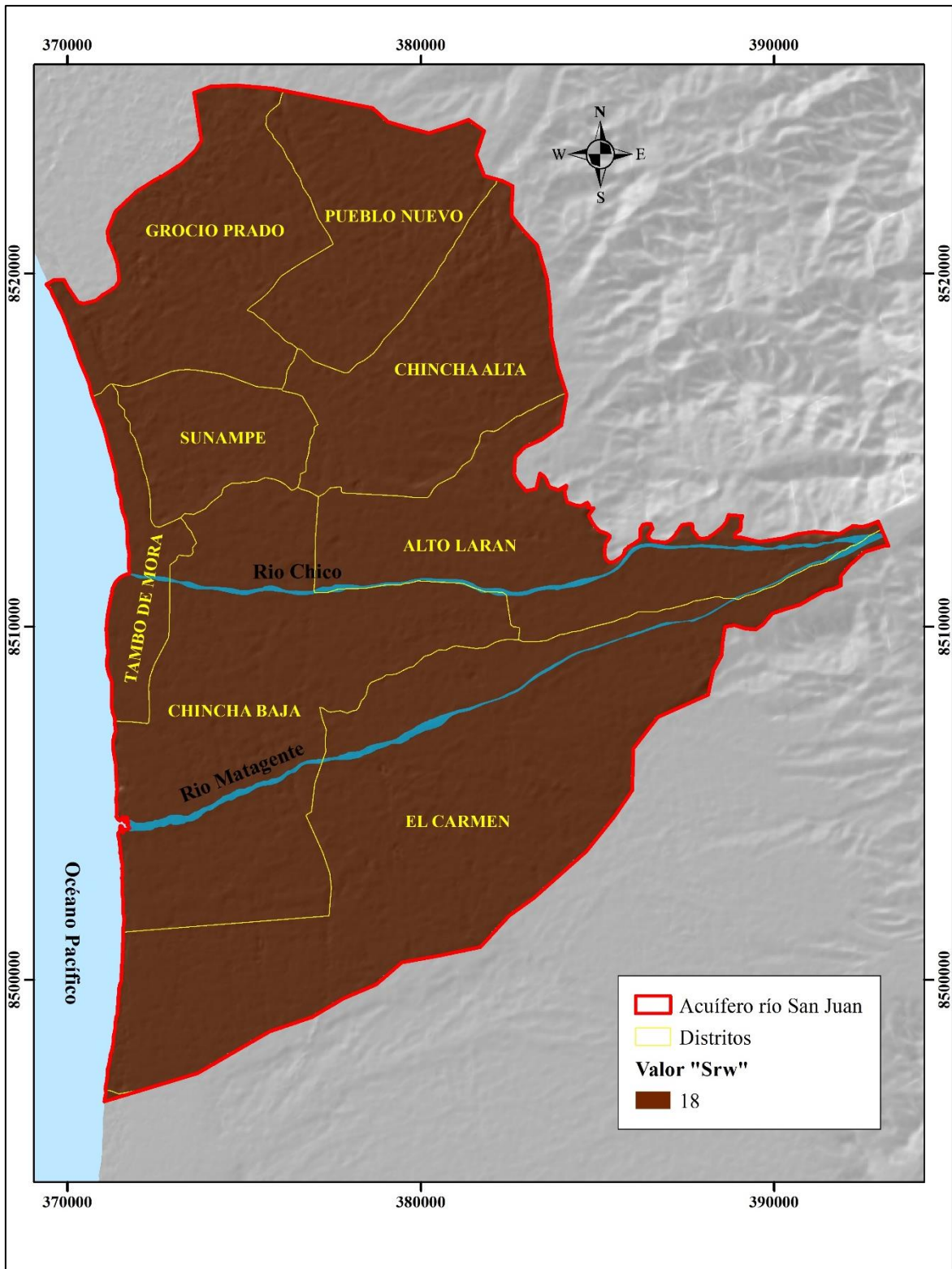


Figura 35: Valor "Srw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

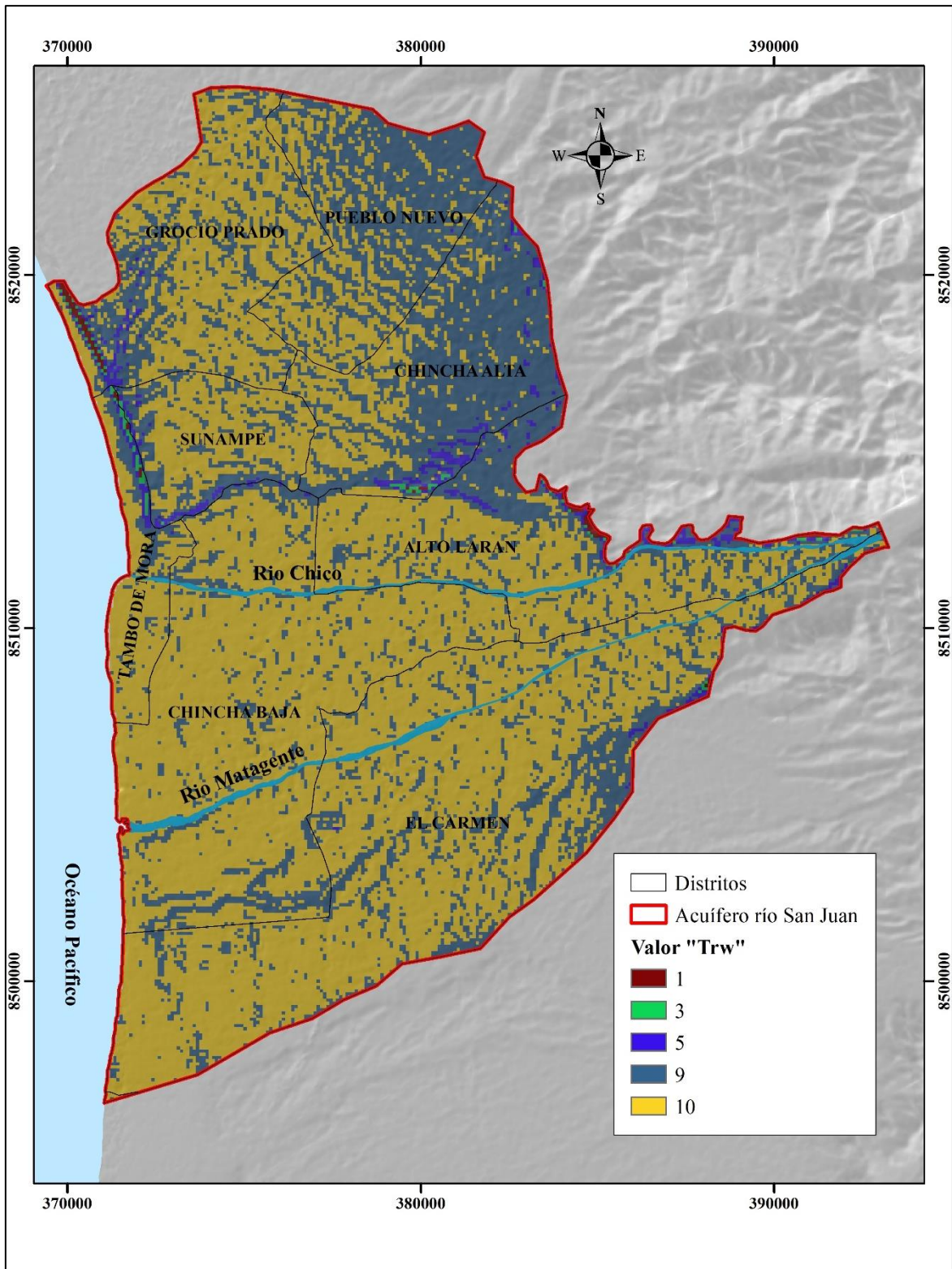


Figura 36: Variable "Trw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

f. I (Impact): Litología de la zona no saturada

A lo largo de toda la zona de estudio, el estrato superior está constituido por Depósitos Aluviales con un gran contenido de material gravo-arenoso, en algunos casos con ligera presencia de finos (limos). De acuerdo con la metodología, se le asignó la valoración correspondiente a ocho, en la mayor parte del territorio; y de seis, en menor extensión. En la Figura 37 se presenta el mapa correspondiente a la variable “Ir”.

El factor de ponderación es igual a cinco (el máximo que se le puede asignar a una variable), es decir al valor “Ir” que se obtuvo, fue multiplicado por dicho factor, como resultado, en la Figura 38, se presenta la valoración final para el índice “Irw”. La mayor parte del territorio de estudio tiene un valor de 40; y en menor extensión, 30.

g. C (Hydraulic conductivity): Conductividad hidráulica del acuífero

Se creó una base de datos espacial a partir de los registros de las pruebas de bombeo realizados por la ANA (2015). El valor de 10, que es el que más vulnerabilidad sugiere, se encuentra en la zona sur del acuífero, en donde el valor de la conductividad hidráulica es mayor a 81, 89 m/d, hasta un máximo de 101.7. Los valores van bajando en cuanto se acercan a la zona en donde nacen los ríos Chico y Matagente, en el partidor donde se bifurca el río San Juan, el valor mínimo de conductividad hidráulica es de 15 m/d, a lo cual le corresponde un valor de vulnerabilidad de tres. La variable “Cr” se muestra en la Figura 39.

Una vez obtenidos los valores para “Cr”, se le multiplicó por su respectivo factor de ponderación, el cual es tres. La Figura 40 corresponde al valor “Crw” para este índice.

4.1.2. Grado de vulnerabilidad con el método DRASTIC

En la Figura 41, se muestra el índice de vulnerabilidad obtenida por la suma de las variables “Drw”, “Rrw”, “Arw”, “Srw”, “Trw”, “Irw” y “Crw”, observándose que el rango de valores va desde 106 a 230. De acuerdo con dichos valores, se obtuvieron los grados de vulnerabilidad correspondientes, los cuales son: moderado, alto y muy alto. La distribución y ubicación de las zonas con dichos grados se presentan en la Figura 42. Se aprecia que el grado predominante es el de denominación alta.

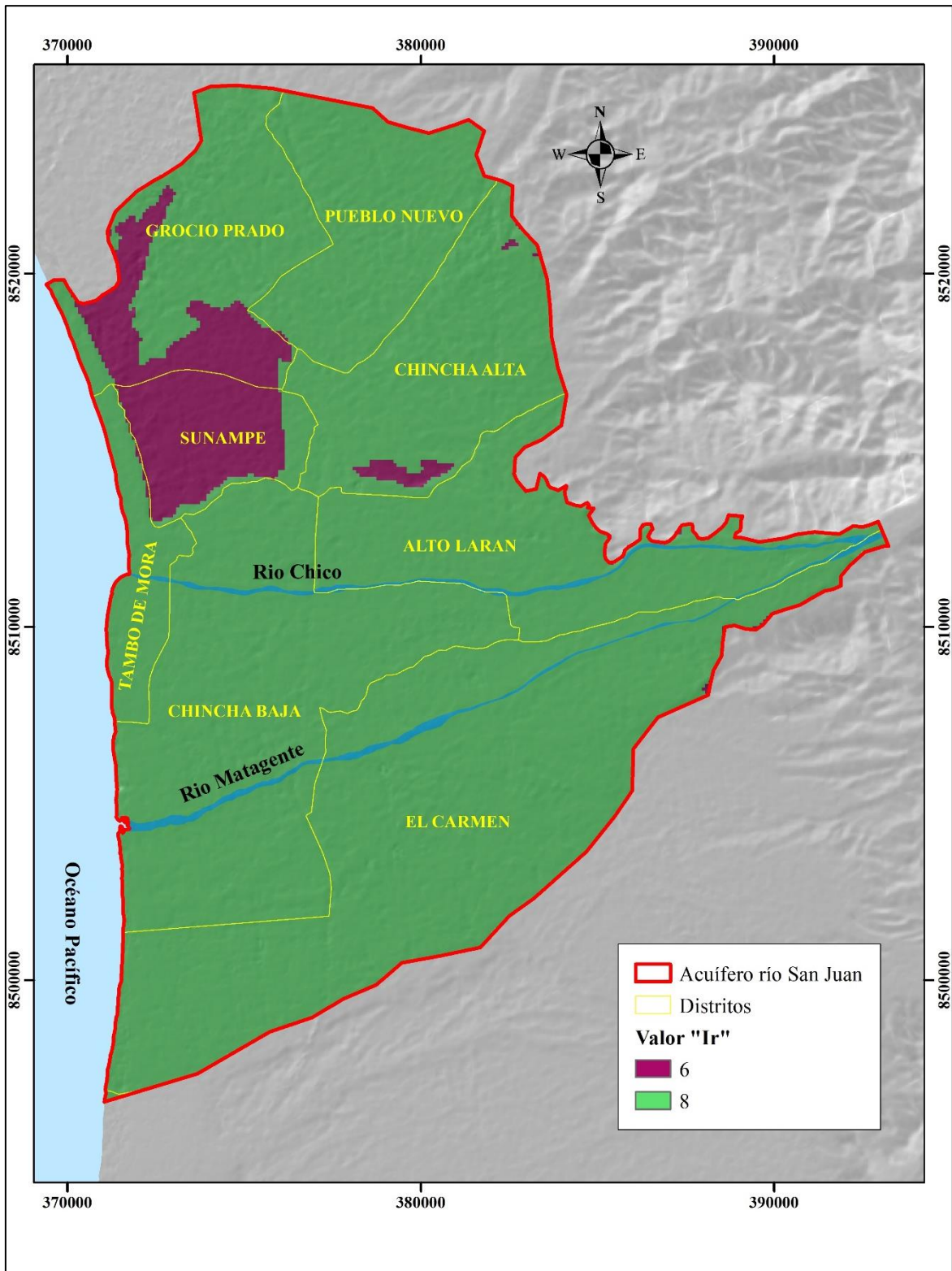


Figura 37: Valor "Ir" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

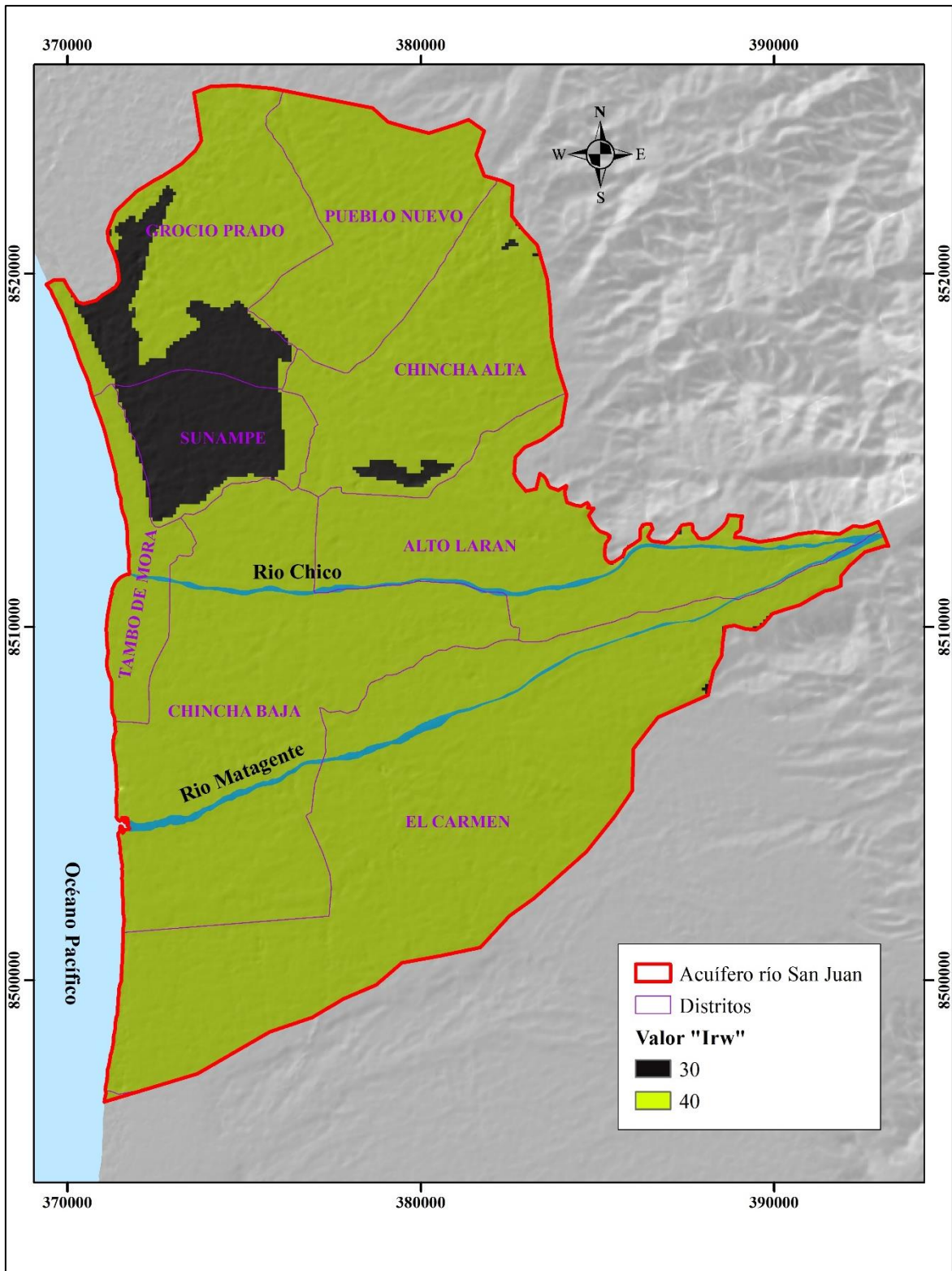


Figura 38: Valor "Ir" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

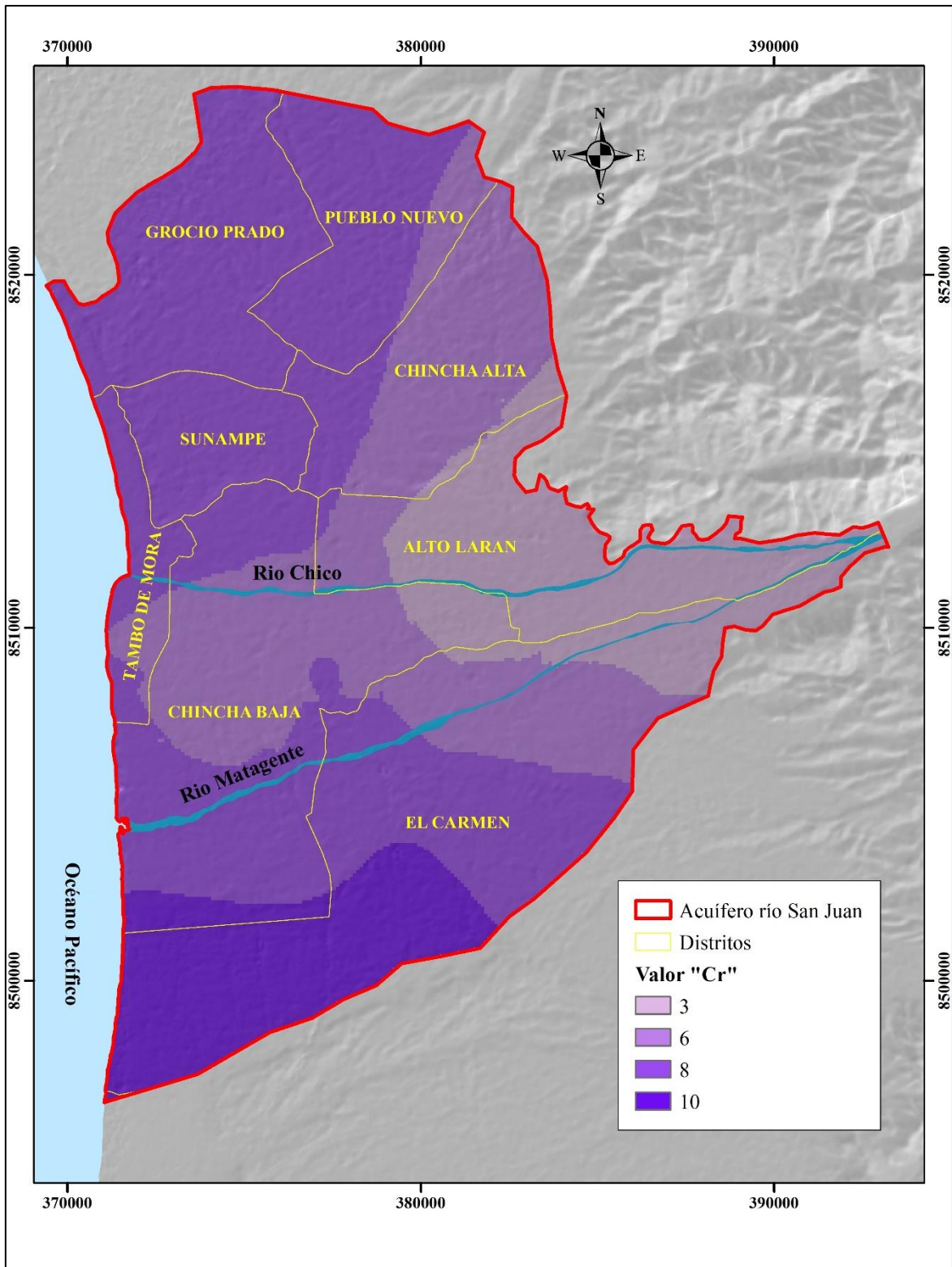


Figura 39: Valor "Cr" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

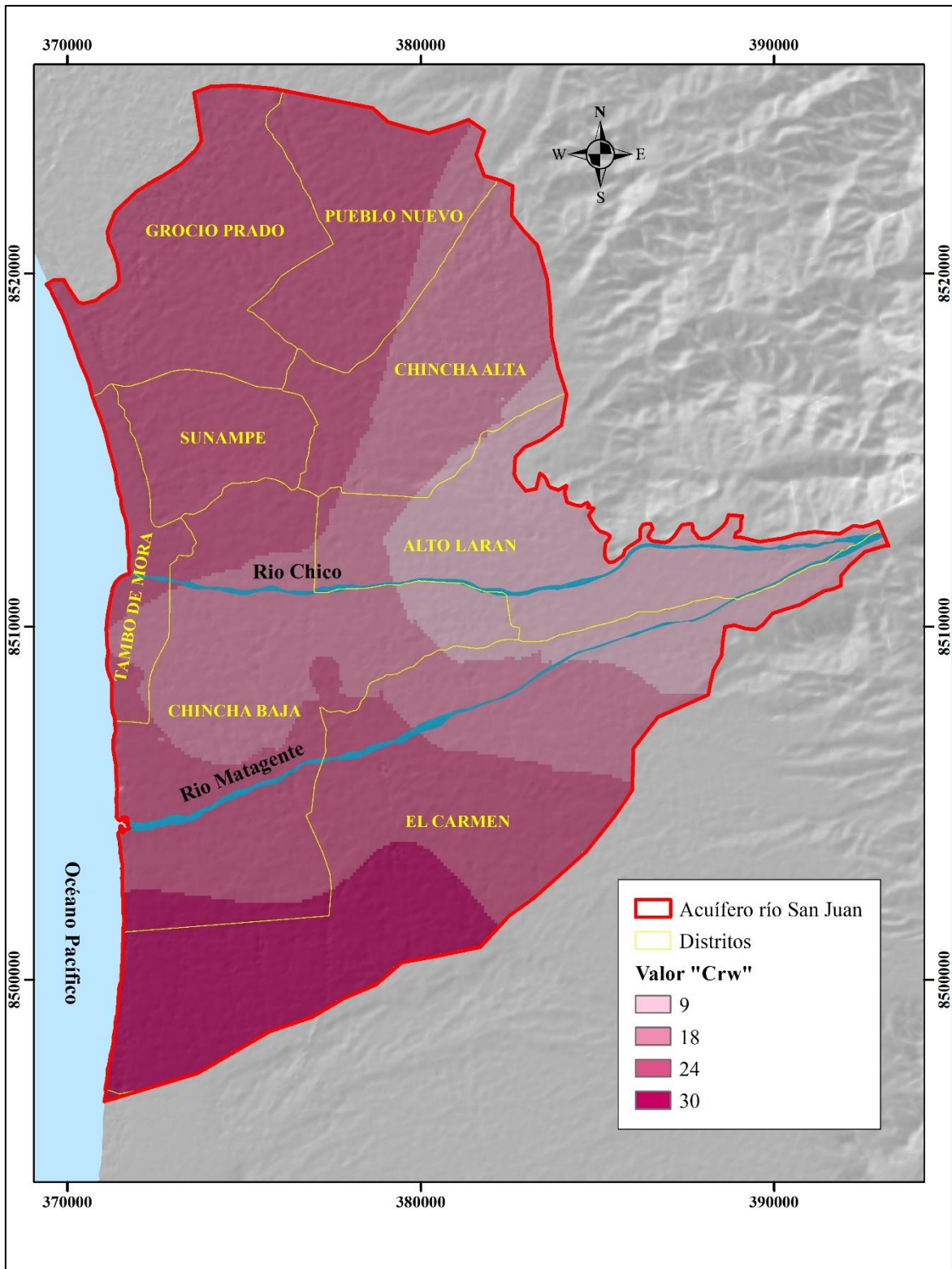


Figura 40: Valor "Crw" – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

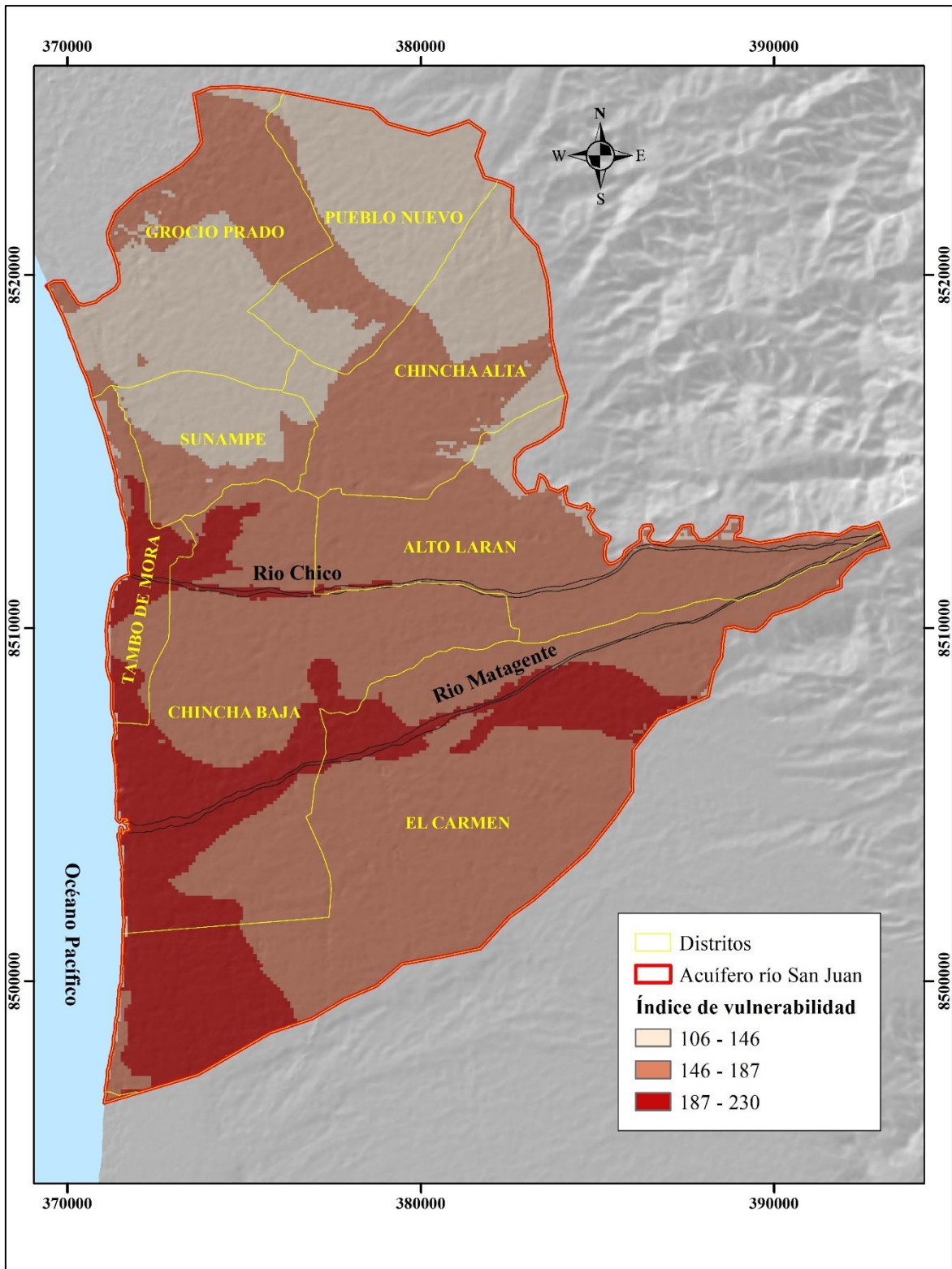


Figura 41: Índice de vulnerabilidad – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

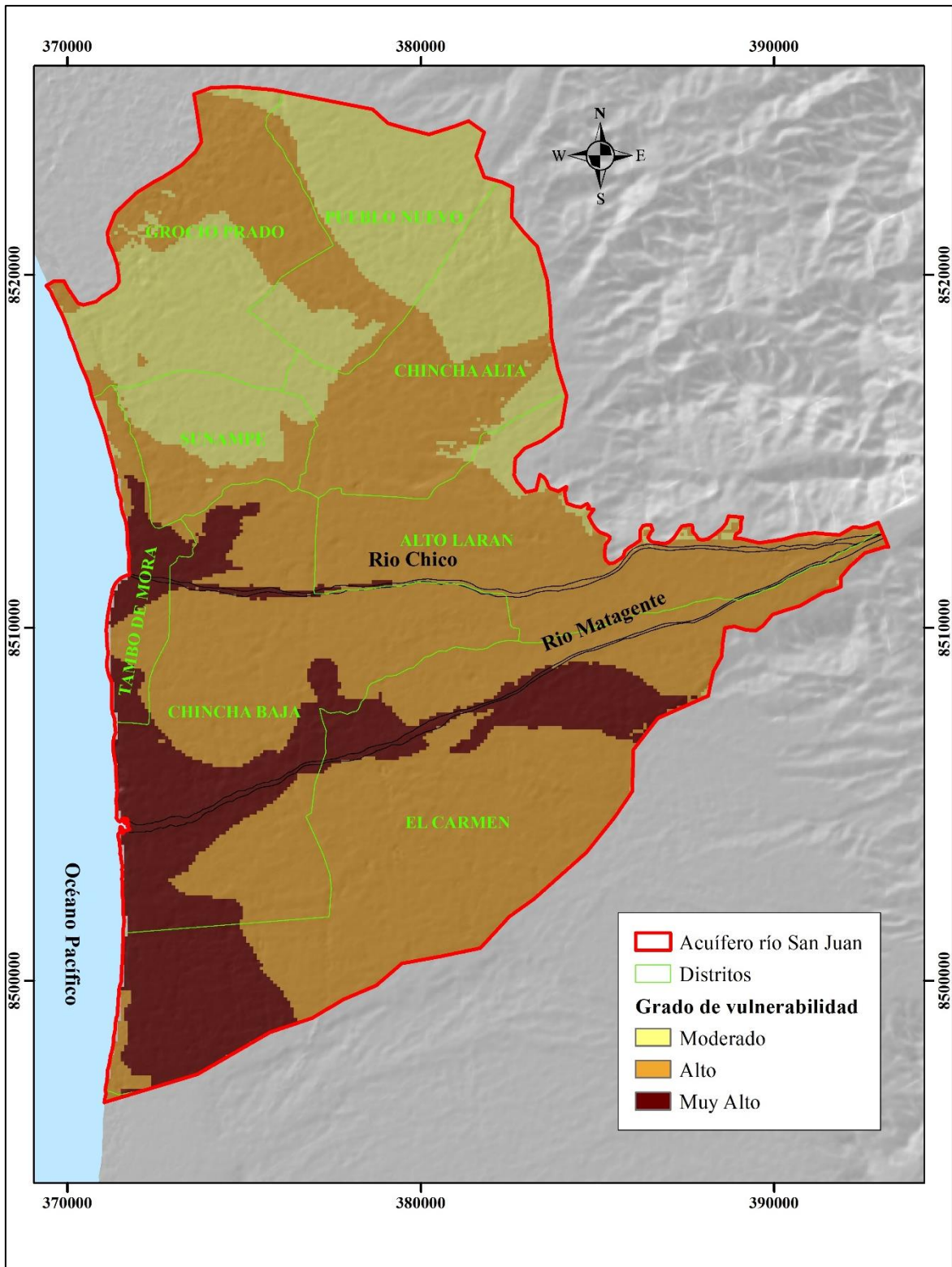


Figura 42: Grado de vulnerabilidad – método DRASTIC

Fuente: Elaboración propia

4.2. GRADO DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL MÉTODO GOD

4.2.1. Índices para la aplicación del método GOD

Para la determinación del grado de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación se evaluó tres índices:

G (grado de confinamiento hidráulico): tipo de acuífero.

O (ocurrencia del sustrato suprayacente): litología del estrato superior.

D (distancia al nivel del agua subterránea): nivel estático.

Se le asignó una determinada valoración a cada índice de acuerdo a sus características. Dicha valoración va de cero (vulnerabilidad despreciable) a uno (vulnerabilidad extrema). Los valores de cada índice se multiplican entre sí, obteniéndose un índice de vulnerabilidad, el cual va de cero a uno, mientras más elevado sea el índice, más alto será el grado de vulnerabilidad.

Se elaboraron los mapas de las variables de este método a partir de las características del acuífero, descrita anteriormente. Se usó una determinada valoración para cada índice como fue descrito en la revisión de literatura (Figura 1).

a. G: Grado de confinamiento hidráulico

Al tratarse de un acuífero libre, se le asignó un valor de uno, que es el máximo posible, ya que no existe confinamiento alguno que pueda atenuar el ingreso de algún contaminante al acuífero. En la Figura 43 se presenta el mapa correspondiente.

b. O: Ocurrencia del sustrato suprayacente

Esta variable, se obtuvo de los perfiles estratigráficos y el mapa geológico de la zona, los cuales fueron presentados en la caracterización de la zona de estudio, asignándoles los respectivos valores según lo indica la metodología, dichos valores y su distribución espacial se muestran en la Figura 44. Se observa que gran parte de la zona de estudio, le corresponde una valoración de 0,7, debido a que la formación geológica del acuífero está conformada por depósitos aluviales de arena con contenido de grava.

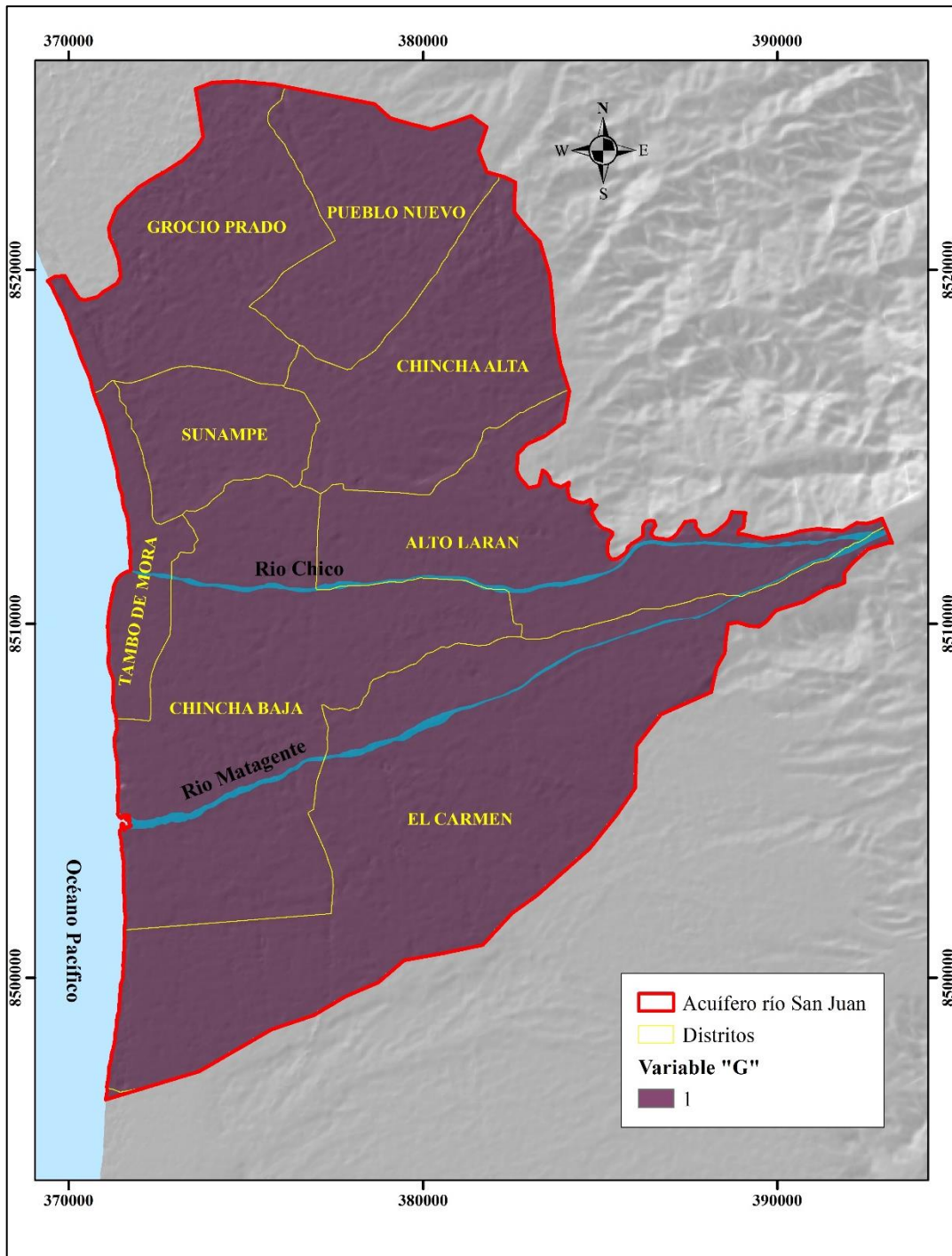


Figura 43: Valor "G" – método GOD

Fuente: Elaboración propia

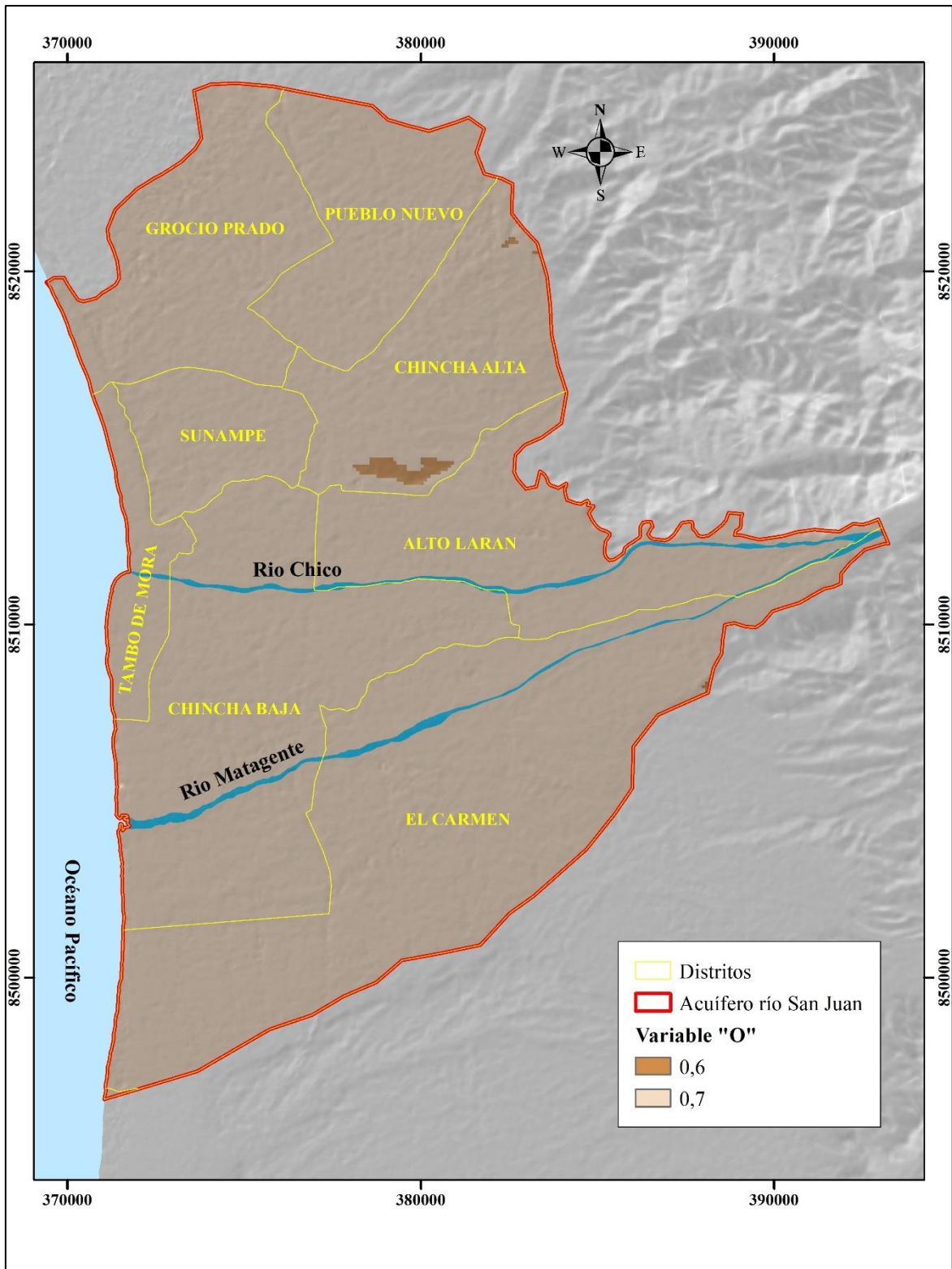


Figura 44: Valor "O" – método GOD

Fuente: Elaboración propia

c. D: Distancia al nivel del agua subterránea

De igual manera que en el método DRASTIC, a partir de las curvas de isopropundidad del nivel freático, se generó un mapa en formato Ráster, con la respectiva valoración para el presente índice (D), los valores y su distribución espacial se aprecian en la Figura 45. Las zonas más vulnerables, para este índice, se encuentran entre los ríos Chico y Matagente, en donde la profundidad del nivel estático es menor a 5 m; mientras que, las zonas menos vulnerables, se encuentran en la zona sur y norte del acuífero.

4.2.2. Grado de vulnerabilidad con el método GOD

En la Figura 46, se muestra el índice de vulnerabilidad, obtenido del producto de los índices “G”, “O” y “D”, se observan valores que van desde 0,3 a 0,7. De acuerdo a la metodología, le corresponden grados de vulnerabilidad media y alta, tal como se muestra en la Figura 47. Se observa que el grado de vulnerabilidad predominante es alto y se encuentra en la zona central del acuífero, cerca de los ríos Chico y Matagente.

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS

En el Cuadro 22 se muestran los grados de vulnerabilidad, el área que ocupan dentro del acuífero y el porcentaje que representan.

La variación del grado de vulnerabilidad con el método DRASTIC se debe a la variabilidad en los parámetros del nivel estático, la recarga del acuífero y la conductividad hidráulica, mientras que los demás índices evaluados permanecen casi constantes a lo largo de la extensión del acuífero

Cuadro 22: Áreas de los grados de vulnerabilidad

Grado de vulnerabilidad	DRASTIC		GOD	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Medio / moderado	75,86	21,95	130,62	37,79
Alto	211,08	61,07	214,98	62,21
Muy Alto	58,67	16,98	0	0

Fuente: Elaboración propia

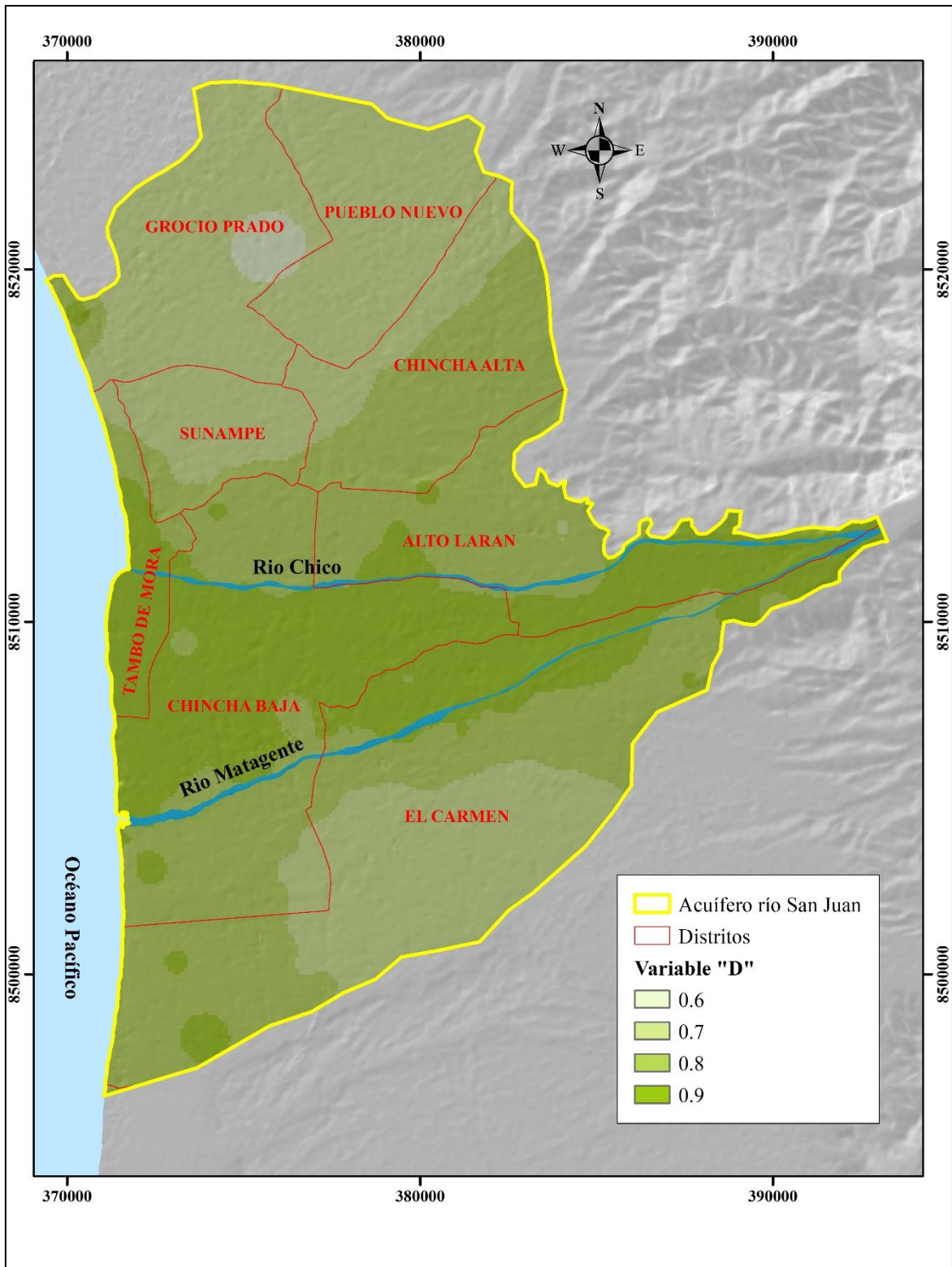


Figura 45: Valor "D" – método GOD

Fuente: Elaboración propia

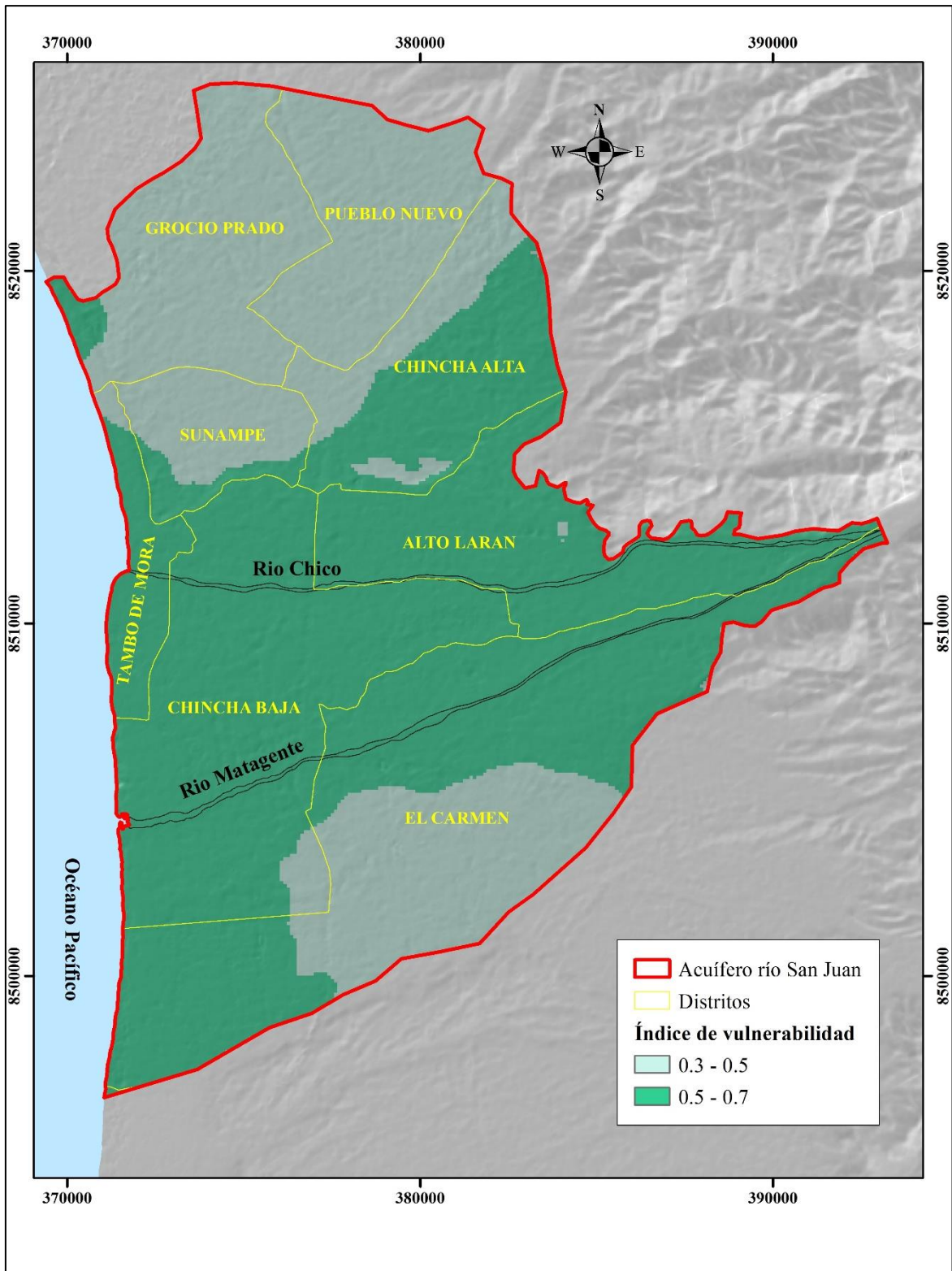


Figura 46: Índice de vulnerabilidad – método GOD

Fuente: Elaboración propia

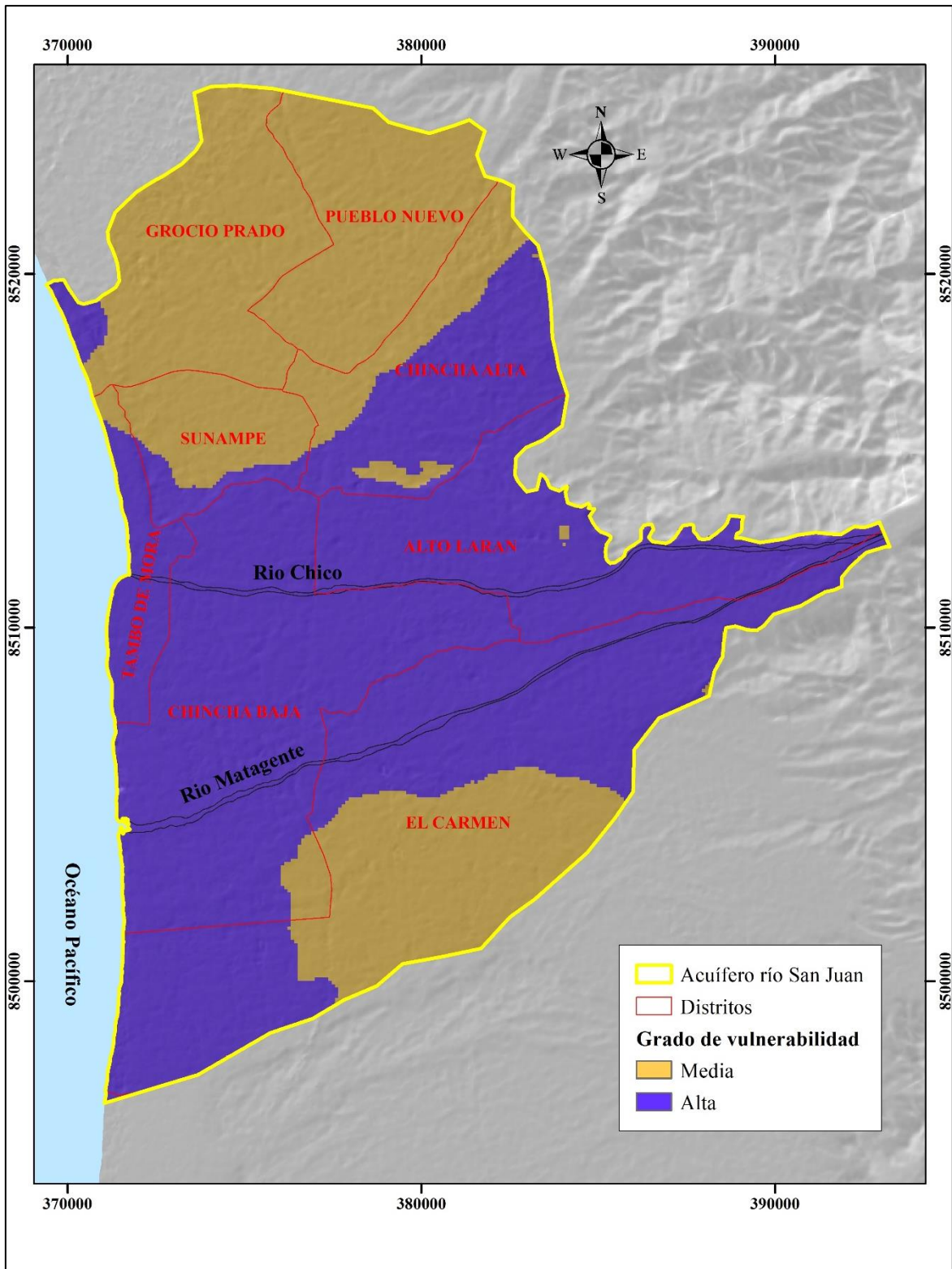


Figura 47: Grado de vulnerabilidad – método GOD

Fuente: Elaboración propia

En el método GOD, la variación en el grado de vulnerabilidad está dada por los diferentes valores que se tiene en el nivel estático, en toda la extensión del acuífero. Esto debido a que en las dos variables restantes (G y O) presentan valores uniformes en su mayoría a lo largo de toda la zona de estudio.

En cuanto a la extensión y porcentaje que ocupa del territorio del acuífero del río San Juan, el grado de vulnerabilidad alto es muy semejante en los resultados de ambos métodos.

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación del método DRASTIC muestra que el 61,07 por ciento del área de estudio tiene un grado de vulnerabilidad alto; mientras que el 21,95 por ciento, moderado; y, el 16,8 por ciento, muy alto. No se encuentran grados de vulnerabilidad con denominación bajo ni muy bajo.
2. Usando el método GOD para determinar el grado de vulnerabilidad del acuífero del río San Juan, se encontró que el 62,21 por ciento del territorio posee una vulnerabilidad alta; mientras que el 37,79, un grado moderado.
3. El grado de vulnerabilidad alto, aplicando ambos métodos, tienen una extensión de, aproximadamente, el 62 por ciento y éste se encuentra en la zona central del acuífero; mientras que, la zona con vulnerabilidad media o moderada está ubicada en la zona norte del acuífero.
4. Al tratarse de un acuífero libre y teniendo en cuenta que está conformado por un abanico aluvial, se eleva el grado de vulnerabilidad, debido a que, en ambos métodos usados, se le otorga una valoración alta.
5. La recarga total del acuífero del río San Juan calculada es de 107, 351 Hm³, siendo los ríos Chico y Matagente los principales aportantes con 22,387 y 21,522 respectivamente. No se consideró recarga por infiltración directa de la precipitación debido a que esta es menor a 10 milímetros anuales, por lo que no sería necesario un análisis de precipitación – escorrentía en la zona.
6. Mediante el método DRASTIC se puede observar que en la zona donde la vulnerabilidad es muy alta, está en riesgo de contaminación, no sólo por el grado de vulnerabilidad, sino también por la presencia de 10 fuentes contaminantes que están dispuestas en el lecho de los ríos Matagente y Chico; cinco son residuos ganaderos; tres, botaderos de basura; y dos, vertimientos de aguas residuales; las demás fuentes contaminantes (dos), se encuentran en zonas de vulnerabilidad alta. Con el método

GOD las diez fuentes contaminantes de los ríos, se encuentran en zonas que poseen un grado de vulnerabilidad alto.

7. Al ser DRASTIC y GOD, modelos que solo evalúan características intrínsecas de los acuíferos, no se puede identificar zonas del acuífero que realmente estén contaminadas, es por esto que si se desea mapear zonas con problemas de contaminación, se debe tomar muestras de calidad de agua en la red piezométrica.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la línea de investigación y aplicar otros métodos para determinar el grado de vulnerabilidad, entre ellos, el método EKV, el cual considera la permeabilidad vertical de cada estrato del acuífero y se aplica para acuíferos libres, principalmente.
2. Determinar el grado de vulnerabilidad de otros acuíferos, haciendo uso de al menos dos métodos, teniendo en cuenta la disponibilidad de información para la aplicación de estos. Usar dos o más métodos permite un mayor grado de exactitud en la identificación y mapeo de las zonas vulnerables. En acuíferos libres como los de la costa peruana se recomienda usar el método DRASTIC ya que toma en cuenta la recarga.
3. Realizar más estudios en los cuales se ponga mayor énfasis a la determinación de la conductividad hidráulica debido a que en la actualidad la información es escasa y los datos existentes se obtuvieron de pozos bastante alejados entre sí.
4. Determinar la verdadera área de influencia de infiltración de los ríos Chico y Matagente, de tal manera que se tenga una zona de recarga más exacta, la cual tiene gran influencia en la determinación de la vulnerabilidad con el método DRASTIC ya que esta variable tiene un factor de ponderación (w_R) de cuatro.
5. Al tratarse de un acuífero libre cuyo estrato superior está compuesto por depósitos aluviales, el cual no atenúa completamente la lixiviación de agentes contaminantes, y debido a que en el valle de Chíncha la principal actividad económica es la agricultura, se debe orientar y capacitar a los agricultores acerca del uso de fertilizantes y pesticidas.
6. Concientizar a la población sobre el correcto manejo de los residuos sólidos, los cuales, por lo general, son dispuestos en los lechos de los ríos dando origen a la

contaminación de estos y por ende a la contaminación del acuífero ya que los ríos son principal fuente de recarga.

7. Regular y fiscalizar el uso de agua subterránea, ya que en la actualidad existen usuarios que no cuentan con permisos para la extracción y explotación de pozos en el acuífero.
8. Se trabajó con datos piezométricos correspondientes a noviembre del 2014, los cuales corresponden al periodo de estiaje, debido a la disponibilidad de la data y a la cantidad necesaria de registros de esta. Se recomienda seguir con la línea de investigación, usando datos más actuales y para la época húmeda, de tal manera que se pueda comparar si hay variación en los grados de vulnerabilidad; y de ser así, qué tanto podrían variar dichos grados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.; Pereira, L.; Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 31 May. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Aller, L.; Bennett, T.; Lehr, J.; Petty, R. y Hackett, G. 1987. Drastic: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. EPA (Environmental Protection agency). Ada, Oklahoma, Estados Unidos. Consultado 5 Mar. 2017. Disponible en <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20007KU4.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986%20Thru%201990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C86THRU90%5CTXT%5C00000001%5C20007KU4.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=641&ZyEntry=1>
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2009. Vulnerabilidad del acuífero Ica. Lima, Perú.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2014. Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca San Juan. Lima, Perú
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2015. Evaluación de recursos hídricos de la cuenca del río San Juan. Lima, Perú.

- Auge, M. 2004. Vulnerabilidad de acuíferos, conceptos y métodos. Buenos Aires, Argentina. Consultado 21 Mar. 2017. Disponible en http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/gaye/archivos_pdf/VulnerabilidadConceptos.pdf
- Auge, M. 2008. Hidrogeología ambiental. Buenos Aires, Argentina. Consultado 21 Mar. 2017. Disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/HidroGeoAmb.pdf>
- Bautista, F. y Aguilar, Y. 2011. Amenaza, vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la península de Yucatán (en línea). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. Consultado 26 Dic. 2017. Disponible en <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/fgm/Dialnet-AmenazVulYRiesgoYucatan.pdf>
- Caldas, J. 1978. Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca (en línea). INGEMMET. Lima, Perú. Consultado 15 Nov. 2017. Disponible en http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/149/4/A-030-Boletin_San_Juan-31m_Acari-31n_Yauca-32n.PDF
- Carrillo, V. 2015. Vulnerabilidad hidrogeológica del acuífero del municipio San Diego, estado de Carabobo. Tesis Mg. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. Consultado 29 Mar. 2017. Disponible en <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/2420/1/vcarrillo.pdf>
- Cleary, R. 2007. Aguas subterráneas. Associação Brasileira de Recursos hídricos. Brasil.
- Collazo, M. y Montaña, J. 2012. Manual de agua subterránea. Denad International S. A. Montevideo, Uruguay. Consultado 10 Mar. 2017. Disponible en https://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/manual_de_agua_subterranea-ilovepdf-compressed.pdf.
- Cotrina, G.; Olarte, Y.; Peña, F.; Vargas, V.; Sánchez, M. y Pari, W. 2009. Hidrogeología de la cuenca del río Locumba. INGEMMET. (Serie H.

Hidrogeología). N° 2. Lima, Perú. Consultado 27 Mar. 2017. Disponible en <http://es.calameo.com/read/000820129ba2d82f30d1f>

- Duque, G. 2017. Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 15 Oct. 2017. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/396/manualgeo.pdf>
- Erazo, F. y Thompson, C. 2013. Estudio técnico: aplicación del método DRASTIC para la evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas en la sub cuenca del río Guacerique, evaluando el potencial de riesgo a contaminación por Nitritos y Nitratos (en línea). Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa, Honduras. Consultado 11 Jun. 2017. Disponible en <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/08/contaminacion-de-acuos-aplicando-el-metodo-drastic.pdf>
- Feitosa, J. y Filho, M. 2000. Hidrogeología – Conceitos e aplicações. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Brasil. Consultado 22 Dic. 2017.
- Felicísimo, A. s.f. Modelos digitales de terreno: introducción y aplicación en las ciencias ambientales. Consultado 09 Abr. 2017. Disponible en <http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>
- Figueroa, A. 2010. Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas en la provincia de Talagante (en línea). Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Consultado 08 Oct. 2017. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/aq-figueroa_a/pdfAmont/aq-figueroa_a.pdf
- Foster, S. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy in vulnerability of soil and groundwater to pollution. TNO Committee on Hydrological Research. La Haya, Holanda.
- Foster, S. y Hirata, R. 1988. Determinación de la contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. OPS-CEPIS. Lima, Perú.

- Fuentes, J. 1992. Aguas subterráneas. Madrid, España. Consultado 05 Abr. 2017. Disponible en http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf
- Guevara, E. 2015. Métodos para el análisis de variables hidrológicas y ambientales. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE). 1995. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú (en línea). Lima, Perú. Consultado 15 Jun. 2017. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/32987194/INRENA-mapa-ecologico>
- Molinero, J. 2005. Hidrogeología: tipos de acuíferos. Maestría de las Américas en Ingeniería del Agua. Sevilla, España. Consultado 10 Nov. 2017.
- Ordoñez, J. 2011. Aguas subterráneas – acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima. Lima, Perú. Consultado 10 Abr. 2017. Disponible en http://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneas.pdf
- Palomino, S. 2012. Análisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero Aguascocha. Tesis para la obtención del título de Ingeniería Sanitaria. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Peña, F.; Sanchez, M. y Pari, W. 2010. Hidrogeología de la cuenca del río Ica. Regiones Ica y Huancavelica. INGEMMET. (Serie H. Hidrogeología). Lima, Perú. Consultado 26 Jul. 2017. Disponible en <http://es.calameo.com/read/0008201292c922391eeb1>
- Ramos, C. 2004. Propuesta de asignaciones de agua en bloque – volúmenes anuales y mensuales, para la formalización de los derechos de uso de agua. Lima, Perú, Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua (PROFODUA).
- Salazar, H. y Landa, C. 1993. Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantarà y Castrovirreyna 26-j, 26-k, 26-l, 26-m, 27-k, 27-l, 27-m (en línea). Carta geológica nacional (Serie A) 44. Consultado 20 May. 2017. Disponible en: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/164/106/>

A044- Boletin_Mala_Lunahuana_Tupe_Canayca_Chincha_Tantara_Castrovirreyna .PDF

- Sarria, F. 2006. Sistema de información geográfica. Consultado 15 Abr. 2017. Disponible en <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Vélez, M. 1999. Hidráulica de aguas subterráneas. 2da. ed. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Consultado 25 Abr. 2017. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/4993/>
- Werner, J. 1996. Introducción a la hidrogeología. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México. Consultado 26 Mar. 2017. Disponible en <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080066373/1080066373.pdf>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Cuadro 1.1: Registro de precipitación de la estación Conta (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	0,00	0,00	0,11	0,05	0,07	0,07	0,20	0,08	0,26	0,08	0,05	0,14	1,11
1965	0,05	0,17	0,06	0,10	0,11	0,30	0,06	0,25	0,17	0,21	0,05	0,07	1,61
1966	0,03	0,03	0,09	0,09	0,13	0,14	0,29	0,31	0,19	0,24	0,18	0,17	1,90
1967	0,15	0,09	0,06	0,11	0,04	0,02	0,36	0,25	0,15	0,11	0,09	0,10	1,53
1968	0,15	0,02	0,07	0,03	0,15	0,51	0,19	0,35	0,19	0,24	0,07	0,09	2,05
1969	0,08	0,31	0,19	0,06	0,15	0,21	0,29	0,56	0,49	0,13	0,17	0,19	2,84
1970	0,08	0,11	0,09	0,03	0,07	0,12	0,20	0,05	0,12	0,16	0,10	0,23	1,37
1971	0,01	0,06	0,05	0,11	0,04	0,14	0,07	0,28	0,18	0,01	0,03	0,02	1,00
1972	2,39	6,91	0,79	0,04	0,07	0,24	0,06	0,03	0,07	0,04	0,05	0,06	10,77
1973	0,01	0,38	0,00	0,18	0,01	0,01	0,50	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	1,13
1974	0,04	0,05	0,23	0,03	0,44	0,12	0,09	0,06	0,03	0,01	0,03	0,14	1,26
1975	0,00	0,00	0,10	0,02	0,06	0,16	0,12	0,39	0,23	0,13	0,00	0,01	1,23
1976	10,40	4,63	0,00	0,00	1,04	0,85	1,88	0,57	0,28	0,27	0,18	0,00	20,10
1977	0,03	0,01	0,04	0,03	0,03	0,07	0,31	0,08	0,05	0,05	0,03	0,05	0,78
1978	0,05	0,04	0,38	0,04	0,42	0,27	0,44	0,19	0,08	0,01	0,08	0,01	2,03
1979	0,00	0,02	0,09	0,05	0,28	1,26	0,18	0,06	0,00	0,05	0,04	0,06	2,10
1980	0,09	0,00	0,16	0,00	1,05	0,24	1,51	0,39	0,89	0,70	0,54	0,00	5,57
1981	0,04	0,00	0,01	0,00	0,19	1,45	0,56	0,15	0,09	0,01	0,00	0,04	2,55
1982	0,08	0,97	0,24	0,42	0,36	1,11	1,13	0,87	1,14	0,91	0,03	0,06	7,31
1983	0,00	0,09	0,10	0,02	0,04	0,41	0,12	0,06	0,02	0,03	0,01	0,03	0,93
1984	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,13	0,03	0,47	0,22	0,02	0,08	0,00	1,07
1985	0,19	0,09	0,01	0,04	0,07	0,09	0,12	0,09	0,04	0,03	0,01	0,13	0,90
1986	0,09	0,00	0,00	0,00	0,55	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
1987	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10
1989	0,00	0,54	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,78
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,37	0,02	0,02	0,10	0,00	0,00	0,35	1,17
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,04	0,01	0,07	0,03	0,06	0,08	0,17	0,12	0,06	0,05	0,03	0,01	0,72
1993	0,02	0,08	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,09	0,07	0,01	0,02	0,69
1994	0,20	0,27	0,16	0,19	0,43	1,30	0,23	0,28	0,29	0,20	0,18	0,19	3,92
1995	0,15	0,53	0,15	0,17	0,15	0,15	2,93	0,15	0,15	0,15	0,19	0,30	5,14
1996	0,02	0,09	0,04	0,01	0,05	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,20	0,00	1,05
1998	0,23	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,44
1999	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,18	0,50	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00	1,61
2000	1,10	0,15	0,50	0,00	0,65	0,10	0,40	0,60	0,75	0,00	0,00	0,00	4,25
2001	0,05	0,50	0,85	0,00	1,05	0,90	1,02	0,55	0,70	0,10	0,25	0,15	6,12
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,32	0,58	0,00	0,32	0,05	0,15	1,62
2003	0,60	1,00	0,48	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,10	0,50	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,80
2006	4,68	20,00	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,10	31,23
2007	8,00	16,50	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,50
2008	2,20	1,20	0,90	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
2009	0,80	1,10	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	2,75
2010	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
2011	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
2012	0,11	0,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
2013	0,00	1,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,70
Prom.	0,65	1,17	0,32	0,07	0,17	0,24	0,31	0,18	0,14	0,09	0,06	0,07	3,46

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.2: Registro de precipitación de la estación Fonagro – Chincha (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,31	0,28	0,84	0,47	0,00	0,00	1,95
1965	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,86	0,35	0,51	0,44	0,39	0,00	0,00	2,57
1966	0,14	0,15	0,22	0,02	0,09	0,31	1,61	1,03	0,46	0,69	0,15	0,58	5,44
1967	0,10	0,28	0,26	0,02	0,06	0,14	1,54	0,67	0,44	0,34	0,01	0,39	4,26
1968	0,15	0,13	0,07	0,03	0,17	2,14	0,86	1,06	0,32	0,51	0,07	0,00	5,52
1969	0,25	1,04	0,26	0,04	0,06	0,70	1,48	2,27	2,38	0,37	0,08	0,13	9,06
1970	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,07	0,09	0,01	0,00	0,88	1,43
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	1,08	0,83	0,00	0,00	0,00	2,02
1972	0,39	3,69	4,58	0,28	0,45	1,38	0,39	0,21	0,44	0,28	0,32	0,38	12,77
1973	0,06	0,32	0,01	0,08	0,07	0,09	1,99	0,05	0,08	0,08	0,07	0,06	2,97
1974	0,09	0,09	0,46	0,07	0,88	0,23	0,19	0,12	0,05	0,03	0,06	0,28	2,53
1975	0,01	0,01	0,20	0,04	0,12	0,32	0,24	0,77	0,46	0,26	0,01	0,01	2,45
1976	0,00	3,76	0,00	0,00	2,08	1,70	3,76	1,14	0,55	0,53	0,00	0,00	13,54
1977	0,06	0,02	0,09	0,06	0,06	0,13	0,61	0,17	0,10	0,10	0,06	0,10	1,56
1978	0,11	0,08	0,16	0,07	0,84	0,55	0,89	0,38	0,17	0,03	0,15	0,02	3,45
1979	0,01	0,04	0,19	0,10	0,55	2,52	0,36	0,11	0,00	0,09	0,08	0,13	4,19
1980	0,18	0,00	0,32	0,00	2,10	0,47	3,02	0,77	1,78	1,41	1,08	0,00	11,14
1981	0,08	0,00	0,02	0,01	0,38	2,89	1,12	0,31	0,18	0,01	0,00	0,09	5,09
1982	0,10	1,43	0,12	0,07	0,19	1,22	1,88	0,93	1,72	1,09	0,07	0,12	8,95
1983	0,00	0,18	0,20	0,05	0,09	0,81	0,25	0,12	0,03	0,05	0,02	0,06	1,86
1984	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,27	0,05	0,94	0,44	0,04	0,17	0,00	2,15
1985	0,37	0,17	0,01	0,09	0,15	0,17	0,24	0,19	0,07	0,05	0,01	0,27	1,79
1986	0,19	0,00	0,00	0,00	1,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39
1987	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20
1989	0,00	1,09	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,14	0,00	1,56
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,74	0,04	0,04	0,20	0,00	0,00	0,71	2,34
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,07	0,01	0,13	0,06	0,13	0,17	0,34	0,23	0,13	0,09	0,06	0,03	1,45
1993	0,04	0,17	0,04	0,07	0,12	0,14	0,18	0,23	0,18	0,13	0,02	0,04	1,38
1994	0,39	0,53	0,32	0,38	0,86	2,60	0,46	0,57	0,57	0,41	0,36	0,37	7,83
1995	0,29	1,06	0,29	0,34	0,29	0,29	5,87	0,29	0,29	0,29	0,38	0,60	10,28
1996	0,05	0,18	0,07	0,01	0,10	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	0,00	0,40	0,00	2,10
1998	0,46	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11	0,00	0,16	0,00	0,00	0,13	0,00	0,89
1999	0,00	1,53	0,00	0,00	0,00	0,37	0,09	0,18	0,16	0,00	0,00	0,00	2,33
2000	2,20	0,00	1,00	0,00	1,30	0,20	0,80	1,20	1,50	0,00	0,00	0,00	8,20
2001	0,00	0,00	1,70	0,00	0,80	1,80	1,80	1,10	1,40	0,20	0,50	0,30	9,60
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,65	0,36	0,00	0,65	0,00	0,30	2,35
2003	0,00	0,00	0,20	0,00	1,20	0,90	0,30	0,90	0,20	0,10	0,00	0,30	4,10
2004	0,00	0,00	0,09	0,00	0,02	1,00	0,56	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	1,74
2005	0,01	1,56	0,01	0,01	0,27	1,30	4,16	0,01	0,79	0,27	0,27	0,42	9,06
2006	0,48	5,50	1,00	0,00	0,00	0,00	1,10	1,60	1,30	1,00	0,40	4,10	16,48
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,50	0,20	2,10	0,40	0,00	0,00	4,30
2008	0,80	1,90	1,70	0,00	0,30	0,60	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,29	6,39
2009	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,66	0,82	0,22	0,28	0,08	0,00	0,35	2,73
2010	0,24	0,00	0,00	0,00	0,06	0,33	0,44	0,19	0,00	0,80	0,00	0,02	2,08
2011	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,46	1,08	0,15	0,00	0,00	2,20
2012	0,00	0,02	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,23
2013	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,17	1,59	0,09	0,33	0,00	0,00	0,00	2,53
Prom.	0,15	0,51	0,27	0,04	0,32	0,61	0,89	0,48	0,45	0,23	0,10	0,23	4,29

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.3: Registro de precipitación de la estación Huachos (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	86,07	141,00	116,64	27,10	2,78	0,01	0,94	1,01	2,68	12,72	8,26	59,81	459,04
1965	83,30	108,65	65,91	23,70	0,62	0,80	0,63	0,17	0,64	3,56	8,38	2,03	298,38
1966	67,88	23,74	55,54	4,15	0,21	0,17	0,09	0,48	0,83	28,70	15,18	3,80	200,76
1967	136,51	215,92	178,96	7,54	0,76	0,15	0,98	0,25	0,50	1,21	1,67	17,35	561,80
1968	26,21	8,42	58,87	29,45	0,85	0,70	0,04	0,63	0,23	1,51	3,92	6,39	137,22
1969	69,76	186,59	167,01	29,51	0,83	0,86	0,49	0,97	0,53	0,34	19,58	108,37	584,84
1970	561,14	99,26	80,41	40,54	0,51	0,36	0,08	0,37	8,49	4,99	11,81	50,53	858,49
1971	104,60	98,30	153,00	17,12	0,60	0,83	0,55	1,20	0,74	0,33	0,19	53,67	431,13
1972	130,36	138,91	194,15	28,46	0,74	0,29	0,27	0,93	1,31	5,63	31,83	84,87	617,75
1973	117,01	143,41	155,01	53,96	0,99	0,74	0,12	0,36	1,47	1,09	7,94	60,99	543,07
1974	83,25	135,88	141,67	14,50	0,68	0,89	0,55	0,45	0,15	0,20	6,59	41,59	426,38
1975	59,58	106,39	167,37	27,75	0,20	0,94	1,00	0,98	0,30	0,28	3,49	58,21	426,51
1976	116,23	186,56	107,65	3,12	1,73	0,80	0,49	0,53	0,77	0,47	0,05	60,77	479,16
1977	23,34	213,32	173,31	17,61	0,87	0,54	0,08	0,59	0,20	0,50	12,46	24,40	467,20
1978	63,13	10,44	53,28	35,12	0,47	0,32	0,92	0,52	0,44	0,98	5,99	31,14	202,75
1979	46,21	97,59	118,51	9,68	0,56	0,04	0,65	0,31	0,42	2,57	1,91	6,76	285,19
1980	43,70	51,70	117,20	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	33,90	1,50	18,30	272,30
1981	65,30	118,00	137,00	37,50	0,00	0,00	0,00	6,90	0,00	1,60	20,40	69,40	456,10
1982	89,10	164,60	103,40	16,70	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10	27,20	30,60	0,00	437,70
1983	26,60	21,00	170,90	35,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,00	312,80
1984	126,90	243,80	126,50	20,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	58,40	89,00	673,40
1985	23,60	180,50	106,10	69,70	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	83,90	468,70
1986	212,00	200,70	90,50	31,70	4,60	0,00	0,00	6,70	0,00	0,00	9,60	135,40	691,20
1987	113,50	67,00	33,20	6,80	0,00	0,00	1,20	1,50	0,00	0,00	5,60	2,40	231,20
1988	105,50	70,40	100,60	38,50	8,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,50	412,20
1989	111,80	252,10	204,90	20,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	591,60
1990	65,10	0,00	70,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	35,10	78,10	254,30
1991	63,30	54,70	124,20	15,90	2,40	0,09	0,18	0,74	0,00	29,70	7,90	19,10	318,21
1992	27,40	6,70	13,30	24,10	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	1,21	2,27	10,70	86,19
1993	58,70	127,50	133,10	28,50	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	11,55	75,30	438,55
1994	129,90	159,40	75,50	30,50	9,00	0,00	0,00	0,00	8,50	3,50	4,30	45,40	466,00
1995	107,30	48,80	106,00	18,20	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	10,21	88,40	387,51
1996	140,70	176,50	111,90	34,40	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,20	37,70	503,00
1997	95,30	69,20	50,70	0,00	0,00	0,00	0,00	13,70	17,00	4,70	10,60	129,60	390,80
1998	209,70	112,80	187,80	3,30	0,00	3,60	0,00	0,00	1,80	0,00	13,20	60,20	592,40
1999	63,50	291,40	169,20	46,60	4,90	0,00	0,00	0,00	8,70	22,10	2,20	51,50	660,10
2000	172,30	144,40	82,70	30,00	13,70	0,00	0,00	0,00	0,00	22,90	4,00	92,90	562,90
2001	138,50	132,20	187,50	57,50	0,00	3,20	0,00	1,32	5,60	3,40	37,20	0,00	566,42
2002	70,60	100,10	189,00	65,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,60	65,90	18,40	516,80
2003	61,20	103,90	90,00	14,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,70	349,50
2004	28,00	151,80	105,90	42,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	15,80	73,60	420,00
2005	83,00	66,60	55,40	15,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,00	311,60
2006	142,10	144,10	214,20	33,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,60	50,10	596,90
2007	117,80	39,80	148,40	53,00	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,90	39,20	414,99
2008	220,20	208,90	149,60	43,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40	36,10	669,30
2009	136,44	184,56	157,80	49,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,10	49,50	41,00	634,80
2010	40,80	105,70	94,00	31,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	68,70	345,50
2011	207,40	130,40	92,00	58,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,20	44,80	539,70
2012	17,20	186,20	166,30	80,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,80	8,90	32,60	525,80
2013	47,10	147,30	116,70	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	6,80	7,50	30,70	366,30
Prom.	102,72	123,54	121,38	28,45	1,61	0,31	0,31	0,83	1,40	6,00	12,10	50,23	448,89

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.4: Registro de precipitación de la estación Laguna Huichinga Aurahua (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	133,09	215,62	143,54	30,58	29,59	0,00	0,00	1,90	47,39	69,58	84,81	101,11	857,19
1965	40,56	107,07	68,75	18,63	0,00	0,00	0,00	6,10	50,06	47,19	12,37	72,88	423,59
1966	129,17	107,85	104,27	25,86	0,00	0,00	0,00	0,00	28,64	36,93	72,97	142,63	648,32
1967	81,39	237,28	134,06	18,88	0,00	0,00	0,00	0,00	20,02	27,36	121,53	128,50	769,02
1968	111,15	222,18	130,36	17,79	0,00	0,00	0,00	0,00	5,87	19,82	5,86	40,63	553,65
1969	45,18	72,60	91,16	2,26	0,00	0,00	0,00	1,00	16,78	4,16	54,29	94,80	382,23
1970	95,21	121,37	189,34	93,24	8,77	0,00	3,15	0,05	70,96	45,84	26,84	196,34	851,10
1971	366,52	311,94	236,49	12,21	0,00	0,00	0,00	31,70	28,61	11,24	42,05	85,15	1125,90
1972	192,55	323,03	666,24	101,72	13,37	1,09	0,00	0,00	25,27	37,93	127,83	96,99	1586,03
1973	252,47	325,37	389,29	150,61	2,96	0,00	0,09	0,00	48,33	56,46	51,15	114,90	1391,64
1974	128,83	359,20	364,35	62,43	68,54	0,00	0,00	0,00	13,58	31,56	110,88	89,02	1228,38
1975	133,08	136,64	138,48	34,80	22,18	0,00	0,00	12,10	51,20	54,84	0,00	84,65	667,97
1976	88,74	215,51	75,48	16,94	11,11	0,00	0,00	13,25	21,73	38,02	42,27	114,29	637,33
1977	87,29	53,16	281,06	38,59	26,56	0,00	0,00	0,00	43,58	48,29	129,76	122,30	830,59
1978	152,59	191,04	121,37	39,24	23,87	0,00	11,68	15,24	45,92	39,41	118,81	69,52	828,69
1979	106,88	108,79	55,54	49,65	9,98	2,99	0,23	0,00	0,00	19,42	81,08	108,40	542,96
1980	52,60	40,88	211,87	17,45	17,45	17,45	30,32	17,45	17,45	31,22	45,52	58,26	557,90
1981	31,80	205,20	207,50	76,10	0,00	0,00	11,00	20,30	46,50	88,90	82,40	111,60	881,30
1982	93,90	154,30	105,90	4,60	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	39,60	39,90	54,90	499,80
1983	42,80	17,10	138,30	21,10	0,00	0,00	0,00	35,90	66,60	45,30	29,20	54,70	451,00
1984	122,90	184,60	122,20	38,90	2,20	2,80	0,00	0,00	20,70	6,80	31,00	83,00	615,10
1985	65,80	42,80	138,60	24,10	4,70	0,00	0,00	0,00	12,00	9,10	30,40	68,60	396,10
1986	64,90	178,60	61,60	33,20	0,00	0,00	0,00	0,00	35,20	49,80	32,30	105,60	561,20
1987	90,30	73,80	77,30	52,60	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,50	90,90	420,40
1988	95,50	46,40	28,10	53,10	34,50	17,60	44,40	0,00	7,80	32,70	91,10	46,10	497,30
1989	194,90	215,40	72,30	17,20	11,80	26,20	16,40	16,60	11,10	10,30	23,90	52,90	669,00
1990	21,40	85,50	84,40	15,30	57,10	21,70	0,00	0,00	22,30	20,00	180,40	50,50	558,60
1991	56,10	116,20	187,40	39,40	34,50	0,00	0,00	0,00	0,00	16,10	51,50	148,10	649,30
1992	67,50	304,30	154,70	13,60	30,90	0,00	44,60	39,00	41,40	27,90	33,10	62,10	819,10
1993	479,10	410,20	371,81	223,70	23,50	0,00	0,00	27,20	16,20	21,00	68,40	115,00	1756,11
1994	163,60	318,30	295,80	155,90	62,40	0,00	0,00	8,90	8,80	5,00	0,00	80,00	1098,70
1995	79,24	76,26	70,02	10,15	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	38,10	66,33	171,74	526,40
1996	220,25	97,26	84,49	61,65	2,92	2,92	2,92	13,98	23,91	20,79	21,07	23,63	575,77
1997	89,74	171,03	25,61	2,92	2,92	2,92	2,92	31,29	35,26	29,59	83,78	93,57	571,52
1998	166,07	198,13	146,70	16,72	4,93	1,93	1,44	1,53	10,14	16,80	73,68	114,76	752,84
1999	101,59	86,79	173,31	81,67	21,64	7,29	24,76	12,72	32,85	42,04	42,02	150,10	776,78
2000	356,37	463,64	104,19	18,98	4,11	1,31	0,65	1,86	11,01	24,27	27,13	111,35	1124,88
2001	273,95	176,26	122,70	78,10	21,36	2,46	1,60	3,46	15,20	5,62	70,88	61,56	833,14
2002	59,88	184,92	173,86	36,45	3,68	1,78	0,31	1,78	35,68	51,93	60,45	74,65	685,37
2003	55,28	55,32	115,00	13,04	3,39	2,25	7,25	8,41	28,97	24,04	51,44	79,86	444,25
2004	35,64	128,76	138,41	10,50	6,64	1,72	1,57	6,27	58,27	42,82	49,75	136,86	617,21
2005	104,56	106,44	108,30	15,59	5,55	2,04	1,05	9,70	28,80	38,07	11,77	97,25	529,12
2006	86,04	162,53	107,96	30,51	3,57	1,28	2,41	1,71	12,41	30,11	82,21	63,73	584,47
2007	46,72	41,49	88,47	30,61	4,54	2,36	11,31	42,29	24,93	36,44	65,58	78,46	473,19
2008	133,13	143,20	78,85	14,79	4,62	2,56	1,76	6,50	24,91	36,72	52,65	56,33	556,02
2009	36,36	49,23	96,86	47,23	34,83	3,63	5,77	17,96	29,53	36,16	67,55	128,55	553,65
2010	222,45	189,29	155,39	30,43	4,47	1,17	1,91	1,67	4,74	7,15	57,88	72,48	749,01
2011	127,74	306,02	162,47	89,20	4,80	2,26	1,96	2,48	35,21	34,83	30,44	84,78	882,19
2012	78,77	154,94	119,67	124,20	12,00	0,04	0,49	1,10	24,16	13,51	83,55	122,43	734,85
2013	66,63	101,21	88,53	5,97	0,22	0,05	1,59	2,33	8,46	4,78	61,47	75,82	417,07
Prom	122,56	167,90	152,17	44,37	13,12	2,65	4,73	8,33	25,56	30,51	58,11	92,85	722,86

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.5: Registro de precipitación de la estación San Juan de Castrovirreyña (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	48,55	52,80	43,64	9,05	0,91	0,08	0,02	0,50	0,87	4,09	6,46	18,44	185,42
1965	20,97	24,33	20,70	4,14	0,41	0,04	0,01	0,19	0,37	1,89	10,00	1,00	84,06
1966	51,60	0,00	6,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,40	1,50	0,00	69,90
1967	87,90	167,90	68,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	329,60
1968	16,50	0,00	18,40	2,19	0,22	0,02	0,01	0,10	0,20	1,00	1,45	4,37	44,45
1969	69,00	82,49	70,18	14,02	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	43,50	284,99
1970	148,00	27,40	13,80	10,60	3,10	0,00	0,00	0,00	7,30	4,30	7,52	8,70	230,72
1971	39,70	32,70	61,20	7,80	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	16,40	158,10
1972	77,40	62,00	167,10	4,60	0,00	0,00	0,20	0,00	1,40	5,00	2,70	32,40	352,80
1973	79,30	41,70	87,70	8,80	0,00	0,00	0,00	2,40	2,60	0,40	4,40	17,70	245,00
1974	52,70	55,60	39,90	2,40	0,00	0,00	0,00	0,40	0,50	0,00	4,20	8,40	164,10
1975	31,50	39,00	93,00	4,70	0,40	1,40	0,00	0,00	0,00	0,40	2,50	18,70	191,60
1976	75,20	73,40	29,80	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	0,00	19,00	201,60
1977	1,10	107,80	16,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	5,60	4,10	135,80
1978	5,60	4,40	15,20	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	14,20	44,70
1979	13,60	35,10	63,90	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	3,10	118,40
1980	41,70	43,20	39,20	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	22,20	0,20	3,40	150,70
1981	57,14	52,30	40,90	22,60	0,00	0,00	0,00	6,20	0,00	1,10	6,50	42,30	229,04
1982	44,60	69,30	27,30	13,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	1,90	18,50	0,00	177,40
1983	28,90	24,60	84,70	24,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,80	25,30	188,80
1984	32,20	114,40	41,60	5,70	1,30	0,12	0,03	0,00	0,00	16,10	31,10	22,90	265,45
1985	20,10	32,30	24,80	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	1,50	7,50	34,20	134,10
1986	84,30	72,90	31,40	18,10	3,40	0,00	0,00	6,20	0,00	0,00	4,20	55,90	276,40
1987	69,20	26,60	7,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	11,26	114,66
1988	20,00	3,80	4,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	47,50	90,90
1989	42,60	101,00	36,40	9,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	189,10
1990	47,90	14,60	13,10	0,00	9,20	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	33,20	50,50	170,60
1991	32,50	26,80	41,90	27,10	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	23,40	5,40	6,20	167,40
1992	17,90	0,00	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,81	2,50	24,87
1993	69,20	40,40	60,40	33,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20	32,70	19,80	272,40
1994	97,50	106,60	21,80	20,50	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10	7,50	4,60	10,40	275,00
1995	46,60	16,10	40,30	7,00	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00	6,30	19,30	34,20	174,50
1996	79,00	72,80	39,90	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	1,40	16,10	211,20
1997	34,30	30,30	17,60	0,00	0,00	0,00	0,00	7,30	14,30	0,00	6,20	37,70	147,70
1998	136,10	42,50	83,40	14,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	27,00	311,80
1999	18,10	155,80	27,40	18,10	4,50	0,00	0,00	0,00	0,90	11,30	0,00	6,60	242,70
2000	75,30	62,50	88,20	2,60	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,20	0,00	45,90	287,70
2001	51,70	87,90	56,20	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	2,80	0,00	206,70
2002	40,80	29,20	78,60	16,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,50	1,60	45,20	2,40	215,90
2003	23,50	40,50	17,30	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,60	21,30	108,60
2004	4,80	30,70	33,20	5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,20	32,30	118,00
2005	43,70	14,30	13,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,90	96,70
2006	74,00	76,40	43,10	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	4,80	23,30	237,00
2007	29,30	10,30	99,40	14,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	1,60	12,90	170,30
2008	27,40	88,50	47,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	9,20	174,70
2009	58,00	101,30	51,60	9,80	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	21,70	12,80	267,60
2010	24,10	43,00	13,70	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40	113,40
2011	88,20	57,60	11,40	26,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,70	200,10
2012	4,80	107,80	69,20	25,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,80	0,00	22,00	268,00
2013	43,20	37,20	57,40	0,00	4,10	0,00	0,00	0,90	0,00	1,20	0,00	6,30	150,30
Prom.	48,55	52,80	43,64	9,05	0,91	0,08	0,02	0,50	0,87	4,09	6,46	18,44	185,42

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.6: Registro de precipitación de la estación San Juan de Yanac (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	0,80	16,80	48,50	15,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,54	88,94
1965	0,00	18,70	7,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	29,40
1966	0,50	1,80	6,10	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	3,10	0,60	2,40	17,90
1967	67,30	155,30	53,30	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	279,10
1968	0,00	0,50	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	25,80
1969	7,40	27,10	24,43	3,86	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	10,80	74,14
1970	165,70	17,10	33,20	15,70	5,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	238,00
1971	13,60	26,30	106,10	7,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	154,20
1972	4,50	15,30	66,20	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,30	147,40
1973	25,61	39,03	40,50	7,28	0,31	0,00	0,09	0,24	0,19	1,60	1,29	9,72	125,87
1974	10,20	41,40	42,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	97,70
1975	6,20	7,90	106,80	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,00
1976	27,30	62,10	60,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	155,40
1977	3,20	18,40	29,20	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	4,89	57,65
1978	0,90	8,90	13,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	26,00
1979	2,80	24,24	44,20	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,72	79,26
1980	0,60	0,90	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00	0,00	9,90
1981	1,50	13,80	49,60	14,80	0,00	0,00	0,00	6,60	0,00	0,00	0,00	6,90	93,20
1982	0,00	80,60	51,90	11,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,20
1983	17,80	30,33	42,73	4,95	0,30	0,00	0,00	0,36	0,02	0,49	0,15	6,40	103,53
1984	30,52	44,47	39,18	8,82	0,32	0,00	0,14	0,17	0,29	2,29	2,00	11,83	140,03
1985	19,30	19,80	172,40	45,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	36,80	295,60
1986	65,10	93,70	26,50	11,30	0,00	0,00	0,00	4,00	0,40	0,00	0,00	0,00	201,00
1987	12,70	11,80	17,70	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,40
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,90	29,90
1989	39,60	73,60	64,00	32,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	0,00	0,00	215,80
1990	11,90	7,80	14,60	4,00	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	13,00	59,70
1991	16,60	26,20	57,10	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	106,20
1992	19,36	31,12	44,78	7,51	0,42	0,00	0,00	0,42	0,03	0,76	0,16	7,74	112,29
1993	38,68	42,90	56,50	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	12,80	34,10	198,38
1994	46,48	122,50	52,30	17,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	238,38
1995	47,20	9,30	65,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,60	4,80	3,30	132,20
1996	3,40	3,20	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	1,60	11,60
1997	7,00	1,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,80	9,60
1998	117,00	29,00	19,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	21,50	188,55
1999	1,40	110,00	28,00	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	26,90	1,40	43,40	234,60
2000	90,80	36,10	45,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,90	1,50	18,90	204,70
2001	33,60	55,40	67,80	19,60	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	178,27
2002	10,70	43,00	45,70	15,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	11,60	0,40	126,90
2003	13,10	20,70	22,90	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	13,60	73,90
2004	12,40	19,00	21,50	4,80	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,20	5,40	12,90	78,60
2005	22,00	30,80	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,10	95,50
2006	36,60	78,00	37,80	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	9,00	23,60	195,90
2007	11,90	7,20	46,00	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	5,60	76,35
2008	84,50	88,40	51,50	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40	238,90
2009	44,40	89,40	41,00	15,60	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,20	5,30	202,60
2010	16,10	53,00	23,90	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	112,40
2011	48,80	41,90	16,20	11,90	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	2,30	5,30	128,00
2012	4,00	85,10	49,00	10,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	3,80	156,00
2013	10,50	59,60	32,50	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,90	114,70
Prom.	25,43	38,81	40,60	7,27	0,31	0,00	0,09	0,25	0,18	1,57	1,26	9,66	125,43

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.7: Registro de precipitación de la estación San Pedro de Huacarpana (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	40,50	92,00	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,82	21,00	4,00	64,00	328,32
1965	361,42	75,76	74,16	11,57	11,13	8,36	8,36	8,36	11,57	8,36	11,57	38,05	628,70
1966	91,01	47,68	94,22	18,79	12,38	8,36	8,36	8,36	15,58	96,63	28,42	96,63	526,43
1967	161,00	262,00	205,20	14,00	0,00	0,00	0,20	3,20	17,90	38,00	1,40	13,00	715,90
1968	63,50	2,00	117,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	4,00	3,00	30,80	22,80	248,50
1969	18,40	103,70	161,90	36,23	3,09	0,49	0,23	8,30	10,50	45,00	62,50	140,20	590,54
1970	294,96	31,48	198,00	43,56	8,79	2,91	2,91	2,91	33,11	37,52	58,09	43,40	757,63
1971	44,38	13,52	48,13	70,00	2,91	2,91	2,91	6,99	2,91	2,91	6,18	193,74	397,50
1972	187,00	178,60	360,40	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	35,80	7,40	110,90	917,10
1973	147,90	156,60	351,90	80,20	10,50	0,00	0,00	3,10	6,40	3,20	38,50	79,60	877,90
1974	127,30	149,20	103,00	11,40	0,00	0,00	0,00	4,00	17,70	0,00	3,50	17,20	433,30
1975	56,90	112,00	209,30	23,20	8,20	0,00	0,00	0,00	6,29	11,39	50,90	62,60	540,78
1976	213,70	161,00	117,40	34,00	3,00	0,00	0,00	7,00	0,00	12,50	2,00	9,50	560,10
1977	0,00	189,50	107,20	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,88	3,50	89,00	10,00	420,08
1978	67,70	120,50	138,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	11,00	33,50	88,50	481,20
1979	59,50	183,50	224,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,20	18,50	23,50	536,20
1980	21,00	9,50	178,20	0,00	0,00	8,50	5,00	0,00	0,00	11,00	14,00	5,00	252,20
1981	60,00	247,00	250,00	83,00	0,00	0,00	0,30	12,40	0,00	17,50	27,00	103,50	800,70
1982	123,11	146,20	154,20	10,20	0,00	0,44	0,00	9,00	0,00	79,50	11,00	0,00	533,65
1983	59,72	49,26	113,88	15,05	1,61	0,23	0,11	1,69	6,95	15,51	9,46	72,10	345,56
1984	196,45	269,50	111,15	46,39	1,24	0,42	0,57	1,18	3,68	15,41	68,25	67,67	781,90
1985	92,54	145,05	102,79	10,42	0,56	0,70	0,21	0,79	1,23	4,50	19,67	104,14	482,58
1986	219,00	328,00	238,30	191,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	23,50	129,59	1 184,39
1987	107,06	122,77	71,98	6,34	0,40	0,15	0,69	0,73	1,68	1,12	5,42	20,07	338,42
1988	70,66	220,46	161,28	74,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,77	590,39
1989	259,20	277,00	215,50	0,00	0,00	0,00	0,36	4,18	10,85	19,66	44,43	102,12	933,31
1990	13,50	0,00	193,50	0,00	33,00	0,31	0,15	1,69	4,39	7,96	34,50	88,80	377,80
1991	125,37	157,17	180,23	119,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,79	0,00	22,66	634,89
1992	11,00	63,00	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	6,54	15,04	137,48
1993	162,99	168,20	75,28	141,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,58	72,60	665,41
1994	347,00	342,00	104,00	145,00	30,00	1,00	0,00	0,00	10,00	0,00	33,00	98,50	1 110,50
1995	167,00	25,00	120,00	22,00	6,00	0,00	0,00	0,00	15,00	17,00	141,50	123,50	637,00
1996	173,67	197,66	114,57	38,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,68	22,62	66,75	617,71
1997	107,00	74,10	42,60	5,90	6,60	0,00	0,00	26,00	52,80	52,30	59,60	156,90	583,80
1998	218,10	192,50	173,10	6,40	0,00	3,00	0,00	0,00	1,20	0,00	16,60	74,80	685,70
1999	15,80	267,00	182,40	46,00	0,00	0,00	0,23	2,68	5,60	24,60	2,60	50,70	597,61
2000	178,70	147,00	162,60	40,40	2,70	0,00	0,00	0,00	1,20	39,80	4,40	68,20	645,00
2001	199,30	138,30	262,60	54,20	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,40	0,00	723,40
2002	130,90	102,20	219,00	102,20	4,20	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	81,30	13,30	660,10
2003	64,10	97,00	132,70	27,10	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,90	108,20	440,20
2004	46,60	102,40	134,70	45,60	0,00	0,00	0,00	4,40	3,00	8,00	28,50	69,40	442,60
2005	52,40	47,90	78,30	41,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	98,70	320,00
2006	116,80	174,20	173,60	7,30	0,00	0,00	0,40	0,00	11,10	0,00	18,20	56,10	557,70
2007	115,60	50,90	171,10	54,30	1,90	0,00	0,00	0,00	1,00	17,50	25,70	62,10	500,10
2008	247,40	247,90	113,40	15,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	5,10	40,40	670,70
2009	173,62	227,47	46,33	5,65	5,77	1,41	1,41	1,41	1,41	14,59	53,66	44,84	577,56
2010	52,60	74,80	71,90	17,24	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,10	281,12
2011	195,40	161,70	62,40	55,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40	41,60	524,60
2012	23,33	235,14	143,72	99,13	0,18	0,18	0,40	0,18	1,76	46,48	26,90	0,18	577,56
2013	64,80	147,90	91,50	27,35	2,33	5,10	0,00	0,00	0,00	17,30	20,50	69,10	445,89
Prom.	122,94	142,70	145,98	38,96	4,07	0,89	0,66	2,47	6,01	16,47	27,45	63,74	572,35

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.8: Registro de precipitación de la estación Tantara (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	107,09	142,70	130,30	7,58	0,38	0,95	0,19	0,67	6,67	16,14	8,43	70,55	491,64
1965	156,95	132,92	45,18	2,29	0,35	0,10	0,18	0,08	0,51	0,34	2,01	23,13	364,04
1966	53,69	44,43	101,42	3,24	0,52	0,80	0,59	0,67	0,24	0,24	3,84	31,09	240,77
1967	194,88	335,88	156,79	2,09	0,90	0,89	0,72	0,57	0,39	0,78	0,28	43,02	737,21
1968	3,46	7,91	87,94	11,61	0,17	0,74	0,39	0,73	0,15	0,17	0,49	16,01	129,76
1969	35,27	199,89	213,49	8,23	0,25	0,15	0,73	0,22	0,67	0,22	9,38	82,58	551,09
1970	268,71	150,95	77,71	11,19	0,40	0,80	0,53	0,21	0,58	0,06	2,07	110,52	623,73
1971	180,50	102,17	212,89	3,76	0,98	0,38	0,21	0,35	0,62	0,19	0,22	28,30	530,56
1972	163,17	148,55	215,50	15,31	0,68	0,95	0,78	0,59	0,97	0,72	22,21	84,26	653,71
1973	154,95	149,19	201,95	50,18	0,02	0,07	0,87	0,23	0,29	0,92	2,78	48,23	609,68
1974	89,41	135,65	185,36	4,48	0,83	0,77	0,89	0,09	0,27	0,96	1,76	71,29	491,76
1975	53,89	80,92	215,24	8,86	0,23	0,01	0,22	0,77	0,02	1,69	1,98	49,89	413,71
1976	139,25	211,67	151,31	0,70	0,54	0,90	0,94	0,28	0,36	1,97	0,32	66,89	575,13
1977	6,77	252,54	215,42	15,19	0,12	0,39	0,11	0,72	0,76	0,63	4,24	58,84	555,72
1978	95,56	9,36	87,18	17,63	0,78	0,75	0,11	0,11	0,95	0,48	1,76	54,42	269,10
1979	35,19	71,94	192,60	3,49	0,05	0,63	0,67	0,96	0,50	0,70	1,00	35,52	343,24
1980	75,09	102,50	77,67	18,42	0,58	0,00	0,00	0,00	12,00	18,90	13,00	13,10	331,26
1981	50,90	260,60	113,30	48,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	119,60	602,30
1982	75,00	148,17	112,27	38,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,90	478,84
1983	0,00	11,30	121,70	13,65	0,43	0,00	0,00	0,00	0,44	1,58	8,83	87,50	245,43
1984	133,10	253,10	181,10	29,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,20	91,30	712,40
1985	145,00	213,70	122,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,10	562,50
1986	268,30	135,50	164,60	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,40	642,80
1987	63,70	65,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,20	146,90
1988	149,19	203,66	154,32	36,60	15,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,20	658,17
1989	177,90	216,10	204,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	598,40
1990	1,00	1,00	207,25	24,19	1,72	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	106,99	82,01	429,14
1991	160,67	89,10	217,04	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	20,96	71,91	566,66
1992	4,95	3,18	0,96	0,02	0,64	0,23	0,50	0,21	0,71	1,00	1,44	52,61	66,44
1993	77,08	158,48	196,75	70,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	71,99	91,65	667,09
1994	155,71	317,82	196,64	60,77	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	5,50	0,00	66,56	807,23
1995	132,35	39,27	144,14	5,50	3,89	0,00	0,00	0,00	0,00	12,56	77,89	92,23	507,82
1996	109,11	110,73	71,76	14,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,19	343,53
1997	150,39	69,10	36,15	0,00	0,00	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	6,99	39,70	318,24
1998	253,01	199,90	215,77	17,03	0,28	0,40	0,09	0,28	0,06	0,99	3,04	109,90	800,73
1999	103,99	335,78	111,61	6,19	1,75	0,74	0,84	0,26	0,00	0,93	0,80	49,64	612,53
2000	103,71	184,93	204,16	49,43	2,69	0,40	0,23	0,10	0,67	0,41	0,64	109,58	656,97
2001	177,80	196,06	176,49	4,17	0,99	0,99	0,90	0,51	0,10	0,40	6,01	41,31	605,75
2002	84,75	45,41	172,71	31,37	0,76	0,46	0,13	1,62	1,21	2,02	78,31	53,22	471,98
2003	61,01	87,65	138,53	0,17	0,65	0,45	0,84	0,13	0,96	0,71	2,90	107,43	401,41
2004	43,80	77,16	107,18	11,55	0,82	0,37	1,00	0,99	0,59	0,53	1,45	107,71	353,15
2005	125,94	90,31	62,74	8,04	0,66	0,76	0,86	0,40	0,75	0,75	0,96	73,14	365,30
2006	214,78	191,84	185,04	19,98	0,85	0,65	0,89	0,32	0,92	0,18	10,13	105,39	730,96
2007	110,79	37,06	196,36	25,26	0,77	0,40	0,37	0,46	0,73	1,84	1,76	74,92	450,72
2008	159,75	213,07	172,82	19,58	0,54	0,79	0,06	0,65	0,53	0,52	0,15	57,43	625,90
2009	174,52	248,64	185,60	9,61	0,31	0,27	0,43	0,68	0,63	0,08	28,22	98,87	747,86
2010	2,30	91,81	92,92	4,09	0,53	0,73	0,04	0,35	0,30	0,14	0,50	68,55	262,25
2011	158,36	176,38	56,88	55,60	0,19	0,16	0,82	0,32	0,50	0,99	1,22	109,33	560,76
2012	12,33	254,32	207,04	15,73	0,81	0,33	0,58	0,01	0,37	0,11	3,28	98,98	593,89
2013	53,61	171,56	190,26	1,42	1,13	0,43	0,42	0,53	0,18	0,70	0,54	33,15	453,91
Prom.	110,17	143,54	145,78	16,91	0,89	0,40	0,38	0,66	0,84	1,58	10,89	67,16	499,20

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.9: Registro de precipitación de la estación Villa de Armas (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	16,30	54,30	62,10	13,40	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	15,80	9,50	22,14	195,84
1965	39,40	101,30	60,30	9,30	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	0,00	0,80	30,10	250,60
1966	77,00	70,10	92,60	16,20	2,40	0,00	0,00	0,00	3,00	91,80	32,00	60,80	445,90
1967	144,70	267,50	312,40	47,20	3,80	0,00	0,00	1,50	3,00	12,60	4,50	22,60	819,80
1968	79,90	108,60	66,40	0,00	7,50	0,00	0,00	0,00	14,20	8,60	7,70	37,33	330,23
1969	306,03	318,66	286,57	88,38	4,60	0,00	0,03	0,00	3,30	19,10	58,10	147,10	1 231,86
1970	414,03	162,42	79,17	53,91	4,06	0,00	0,00	0,00	48,48	25,93	34,41	91,38	913,80
1971	171,53	9,49	256,18	63,40	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	12,37	0,00	171,91	685,89
1972	161,80	181,30	304,40	47,80	0,00	0,00	0,00	0,00	9,20	25,20	20,70	85,40	835,80
1973	178,60	162,30	233,10	155,30	1,40	0,00	0,00	0,00	11,70	5,10	15,80	71,70	835,00
1974	124,40	259,40	137,70	12,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,90	585,60
1975	81,09	117,27	210,46	43,44	22,63	8,23	8,23	8,23	8,23	8,23	22,37	51,10	589,51
1976	350,12	284,08	188,05	67,20	8,23	8,23	8,23	14,17	8,23	8,23	8,23	14,04	967,04
1977	0,00	213,80	153,50	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	132,90	0,00	504,48
1978	33,90	12,00	346,10	40,13	2,09	0,00	0,00	0,00	25,00	10,00	53,20	36,90	559,32
1979	39,90	87,80	184,50	24,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	339,35
1980	77,90	62,00	111,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	69,90	0,00	34,00	364,80
1981	79,30	95,00	179,70	15,80	0,00	0,00	0,00	24,30	0,00	0,00	0,10	235,00	629,20
1982	111,20	168,20	86,00	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,30	16,00	0,00	429,10
1983	30,40	0,00	116,00	65,20	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	33,80	249,40
1984	197,60	175,90	160,20	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	69,90	13,80	625,20
1985	55,50	59,60	48,20	28,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,80	280,50
1986	178,50	140,61	126,45	39,00	2,03	0,00	0,01	2,03	9,46	11,54	9,80	0,00	519,42
1987	193,65	233,98	15,42	10,91	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	26,70	537,26
1988	133,02	98,61	189,14	90,43	24,72	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	592,53
1989	230,88	275,16	339,46	128,23	11,62	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	1041,93
1990	102,28	13,16	202,68	8,09	12,60	8,09	8,09	8,09	8,09	8,09	295,18	266,98	941,39
1991	132,10	128,00	162,20	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	424,90
1992	6,13	72,68	49,06	6,13	6,13	6,13	6,13	6,63	8,46	8,98	10,07	21,31	207,83
1993	228,32	198,62	168,57	164,63	30,46	6,13	6,13	6,13	6,13	21,87	141,38	370,37	1 348,73
1994	348,60	290,20	0,00	92,60	13,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	745,00
1995	172,20	80,40	114,40	51,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	155,80	575,40
1996	120,92	274,20	230,44	94,08	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	25,77	778,28
1997	73,50	107,10	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	13,40	150,60	0,00	23,40	189,50	570,10
1998	367,60	160,90	242,44	74,77	3,89	0,00	0,02	3,89	18,14	22,12	30,59	117,82	1 042,19
1999	170,75	262,89	124,49	70,42	15,92	0,96	0,07	1,76	14,63	62,86	10,60	35,70	771,07
2000	201,88	199,08	90,42	39,09	1,52	1,59	1,97	2,29	5,97	22,86	11,97	43,20	621,83
2001	160,62	148,88	265,18	60,34	0,93	0,38	0,95	0,29	1,00	1,85	8,81	14,90	664,14
2002	134,86	165,00	151,88	106,35	0,25	0,35	0,89	0,69	2,52	6,40	25,95	22,68	617,82
2003	107,79	119,15	98,73	9,46	0,81	0,94	0,99	1,43	1,66	1,01	0,40	12,38	354,76
2004	90,47	151,47	139,35	4,61	0,43	0,89	0,16	0,16	6,78	1,06	8,96	19,32	423,66
2005	41,24	97,96	110,90	9,51	0,15	0,63	0,86	0,92	5,18	2,20	0,15	179,63	449,34
2006	192,14	148,85	209,87	17,00	0,86	0,49	0,98	2,79	11,56	3,87	5,66	7,60	601,67
2007	95,28	119,17	289,40	116,52	5,48	2,47	2,37	1,66	6,66	6,89	35,69	19,72	701,33
2008	135,67	133,90	158,14	28,90	0,77	0,14	0,70	0,48	1,54	2,30	0,84	4,23	467,61
2009	122,83	202,70	197,86	45,90	8,20	0,18	0,87	0,73	1,73	14,41	52,98	65,64	714,02
2010	81,10	71,18	87,91	27,03	0,73	0,38	0,00	1,06	5,96	7,20	2,09	15,74	300,38
2011	135,12	145,80	68,72	42,46	3,21	0,67	0,47	0,52	2,88	6,99	2,43	61,08	470,35
2012	101,85	150,36	246,22	238,78	2,27	0,62	0,96	0,19	2,90	15,70	6,08	39,79	805,71
2013	187,56	112,93	112,00	5,34	3,97	0,67	0,89	2,85	3,07	9,74	17,47	21,10	477,60
Prom.	140,35	145,48	157,57	47,75	4,54	1,54	1,58	2,72	9,20	12,52	24,31	61,11	608,69

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.10: Registro de precipitación de la estación Telepacha (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	34,13	48,38	105,93	66,56	28,76	13,16	13,16	13,70	35,55	29,04	41,52	60,52	490,40
1965	93,91	125,34	62,90	58,01	24,56	13,16	41,73	46,61	30,60	54,76	37,65	115,09	704,31
1966	66,84	100,77	61,95	47,02	38,81	14,17	21,77	28,42	43,42	54,89	68,26	124,39	670,72
1967	122,40	137,90	109,20	36,90	17,10	14,60	18,80	25,60	33,60	48,60	29,30	41,60	635,60
1968	53,50	34,70	49,90	14,80	7,20	17,90	10,20	24,50	22,50	31,90	20,50	29,66	317,26
1969	33,11	40,56	23,85	45,08	0,00	60,21	45,76	94,99	39,66	50,50	119,60	69,02	622,35
1970	128,20	47,10	42,80	67,50	26,30	20,00	36,70	47,30	86,80	61,20	44,30	57,80	666,00
1971	20,60	31,50	46,10	17,90	14,80	38,70	93,60	102,80	65,40	82,40	28,30	104,60	646,70
1972	80,50	38,20	98,10	43,00	25,40	19,40	68,70	79,80	109,50	73,20	75,00	55,10	765,90
1973	74,40	69,10	142,90	63,60	46,30	24,10	70,30	86,00	104,20	60,70	32,40	63,60	837,60
1974	114,30	108,10	67,50	18,10	2,20	16,80	29,50	68,50	73,70	46,10	43,80	21,60	610,20
1975	34,30	35,00	20,10	17,70	33,10	19,90	60,60	91,20	85,20	71,20	22,60	27,40	518,30
1976	116,30	71,20	66,30	25,00	2,40	7,20	49,20	64,70	150,70	65,00	21,80	64,60	704,40
1977	10,30	58,20	32,50	17,20	15,60	68,40	31,50	65,90	88,20	68,80	67,70	31,40	555,70
1978	34,80	47,70	27,80	22,70	10,00	46,30	58,50	34,00	113,60	69,80	21,10	17,00	503,30
1979	36,60	39,10	58,60	7,50	2,30	17,80	31,80	77,60	67,70	23,70	28,00	19,30	410,00
1980	29,95	35,62	68,23	0,00	44,39	29,84	59,82	62,16	74,59	123,78	45,61	23,73	597,73
1981	67,15	78,15	45,72	51,38	29,73	54,16	46,50	106,35	104,46	52,72	21,74	0,00	658,06
1982	33,60	46,30	26,30	17,80	22,20	21,80	9,00	22,50	2,90	15,70	18,80	24,43	261,33
1983	48,19	53,26	37,12	31,33	31,63	17,83	35,17	53,66	110,67	81,62	26,24	24,02	550,73
1984	45,50	102,78	48,69	18,94	15,58	40,42	57,25	79,37	102,58	61,92	34,20	40,70	647,92
1985	43,46	77,04	50,65	19,45	3,42	19,49	52,17	55,24	50,47	42,63	21,12	25,83	460,96
1986	86,08	62,84	55,39	52,90	10,48	23,33	48,31	55,05	79,27	49,80	32,18	41,85	597,47
1987	63,98	58,04	33,00	16,80	9,57	31,33	33,26	49,50	29,06	43,78	18,90	8,55	395,77
1988	78,52	62,78	40,00	15,51	10,23	23,79	42,76	66,78	69,97	38,62	27,27	26,72	502,95
1989	23,80	54,84	46,75	29,33	2,54	20,51	51,22	75,66	114,47	69,26	27,76	86,86	602,99
1990	84,26	34,17	29,53	5,48	9,43	19,36	34,36	94,57	115,50	49,55	37,91	10,94	525,06
1991	80,83	63,33	61,94	31,05	24,93	26,90	19,37	28,39	45,79	55,71	73,83	65,44	577,49
1992	33,14	30,44	25,96	32,70	9,94	15,85	47,16	72,91	103,42	70,42	33,69	47,96	523,59
1993	51,14	81,81	114,89	58,06	41,94	14,97	29,18	65,55	112,56	85,05	77,64	82,95	815,74
1994	33,37	31,72	54,69	49,53	14,78	25,16	36,65	73,90	91,66	65,78	34,64	32,04	543,92
1995	34,26	38,11	81,19	41,73	18,59	18,56	50,44	63,84	107,01	82,49	33,72	71,27	641,21
1996	55,21	71,53	76,87	55,04	10,25	17,37	54,25	65,94	64,64	54,25	22,05	54,66	602,06
1997	52,91	50,72	28,08	23,36	29,15	21,41	59,74	110,16	120,16	65,07	31,34	22,23	614,34
1998	224,61	61,74	52,36	47,81	22,76	43,94	43,09	57,90	46,57	47,02	31,66	58,93	738,39
1999	61,18	937,15	101,06	54,37	22,61	18,94	30,95	38,67	71,86	63,90	29,63	73,45	1 503,75
2000	51,33	44,14	58,16	37,76	18,79	48,68	67,29	90,71	56,03	68,44	28,20	62,12	631,66
2001	41,53	50,75	99,67	23,83	13,40	23,55	32,57	36,12	81,36	51,14	34,76	57,53	546,20
2002	64,92	46,12	103,06	58,59	29,48	22,65	36,16	54,66	65,46	42,34	67,17	81,36	671,98
2003	61,80	55,78	46,26	10,21	3,66	14,21	36,23	52,30	65,59	64,32	23,62	58,23	492,23
2004	51,51	33,80	25,75	7,30	7,85	29,11	57,89	73,56	99,01	59,62	35,83	54,54	535,76
2005	37,29	39,37	49,94	5,02	12,39	18,70	44,92	63,22	102,98	60,55	20,76	53,99	509,13
2006	68,15	66,17	73,76	41,89	14,14	19,24	29,89	60,90	75,63	71,86	36,95	70,10	628,68
2007	71,99	55,54	139,25	50,94	12,41	15,12	32,35	44,12	56,96	60,36	51,34	47,19	637,57
2008	74,64	66,10	45,04	18,21	7,12	17,13	46,59	74,98	50,68	52,88	30,48	60,96	544,80
2009	102,01	105,18	62,19	45,02	23,04	32,40	23,70	43,88	85,99	77,64	49,52	81,86	732,43
2010	35,07	51,79	53,25	42,37	20,22	19,26	52,69	78,66	61,46	51,02	18,74	27,18	511,72
2011	105,34	58,42	56,39	45,09	16,99	18,84	21,63	26,99	46,53	39,37	36,02	61,54	533,15
2012	39,43	356,14	134,30	59,72	13,94	15,83	26,86	31,09	71,43	68,80	27,00	45,77	890,31
2013	42,00	72,80	51,06	27,95	12,59	11,21	18,67	45,99	25,42	33,61	32,14	76,72	450,18
Prom.	62,65	83,35	61,86	33,90	17,70	24,45	41,00	60,54	74,25	58,26	37,49	51,29	606,72

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.11: Registro de precipitación de la estación Huangascar (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	48,23	62,45	70,62	7,88	0,51	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	217,75
1965	45,70	58,90	35,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	1,40	141,60
1966	21,20	47,50	91,40	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	5,90	14,60	211,30
1967	144,80	204,40	117,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	4,90	0,00	2,20	473,80
1968	0,30	13,00	41,10	3,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,80	0,50	60,70
1969	11,20	78,60	169,50	7,50	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,90	61,80	53,80	388,10
1970	245,80	16,40	26,60	5,40	1,80	0,00	0,00	0,00	10,40	0,00	1,60	8,20	316,20
1971	57,40	58,00	141,70	3,20	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,50	0,00	39,10	300,10
1972	92,40	44,20	366,30	31,50	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	9,90	34,60	581,90
1973	85,00	106,00	82,70	34,70	1,70	0,00	0,40	0,00	0,50	3,20	4,70	45,90	364,80
1974	41,30	39,80	84,30	2,90	0,00	2,50	0,00	0,00	2,30	0,00	0,40	21,50	195,00
1975	29,60	80,50	205,20	2,00	0,90	1,20	0,00	0,00	0,00	0,20	0,10	28,20	347,90
1976	131,90	128,70	129,73	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,90	400,03
1977	3,00	201,00	201,90	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,10	22,50	446,00
1978	28,40	12,90	66,60	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	117,30
1979	21,20	72,00	126,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	220,90
1980	45,30	23,20	19,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	7,50	10,70	113,30
1981	37,20	40,60	75,50	25,90	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	72,00	256,00
1982	39,20	127,40	45,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	41,60	1,60	285,80
1983	13,20	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,20	90,40
1984	163,60	145,30	104,00	32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	57,00	539,90
1985	15,20	82,40	15,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	105,70	218,90
1986	166,60	178,30	154,00	10,70	18,20	0,00	0,00	6,30	0,00	0,00	5,40	107,60	647,10
1987	43,00	46,20	44,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	133,90
1988	86,50	66,40	64,00	46,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	263,20
1989	162,70	123,20	126,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	0,00	419,40
1990	27,00	1,00	89,70	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	28,10	155,80
1991	22,10	55,10	67,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,90
1992	0,00	10,00	1,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	12,54
1993	26,50	63,30	85,00	32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	23,30	234,10
1994	94,40	91,00	52,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	254,20
1995	21,50	36,50	81,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	14,00	23,80	180,20
1996	73,00	50,50	29,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	163,00
1997	49,80	23,30	31,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	8,50	44,40	159,80
1998	129,30	154,70	144,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	23,80	467,30
1999	37,90	150,10	72,50	20,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	17,00	0,00	35,90	335,50
2000	50,60	118,70	60,90	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,80	281,50
2001	86,60	56,60	98,80	9,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,70	0,00	280,40
2002	24,60	36,70	90,10	59,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	22,80	8,20	243,85
2003	38,80	46,20	39,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,59	50,70	180,19
2004	3,90	54,50	27,90	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,40	114,20
2005	43,60	32,50	50,50	9,00	0,40	0,13	0,02	0,17	0,00	0,00	0,00	35,20	171,52
2006	95,40	84,00	117,40	21,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	2,40	31,40	352,92
2007	28,20	22,00	71,90	21,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	157,30
2008	101,30	122,50	74,00	10,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	311,20
2009	70,50	90,40	84,90	5,90	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,20	14,80	291,20
2010	0,00	37,70	43,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	49,00	134,97
2011	79,60	67,00	44,50	25,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90	19,70	242,90
2012	16,30	121,40	97,60	30,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,40	6,70	5,20	285,00
2013	15,10	121,40	89,80	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,90	245,80
Prom.	58,32	74,37	85,04	10,24	0,57	0,18	0,03	0,23	0,41	2,25	6,51	24,89	263,03

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.12: Registro de precipitación de la estación Cusicancha (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	53,37	67,66	80,05	22,23	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	48,73	303,53
1965	166,95	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	38,45	4,50	32,84	121,62	395,84
1966	141,81	75,95	52,28	25,38	11,71	4,50	4,50	4,50	5,68	51,74	23,55	46,90	448,49
1967	65,37	140,87	72,05	25,30	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	339,58
1968	89,19	13,54	79,83	4,71	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	9,34	7,73	231,33
1969	24,08	24,62	257,71	49,05	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	122,87	509,82
1970	182,92	164,41	172,91	21,50	4,50	4,50	4,50	4,50	29,25	9,88	7,73	23,12	629,70
1971	30,22	96,72	150,53	100,06	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	81,33	490,35
1972	133,61	69,47	57,11	30,04	4,50	4,50	4,50	4,50	10,24	4,50	4,50	51,21	378,68
1973	4,50	124,69	105,76	109,71	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	380,65
1974	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	31,81	4,50	4,50	29,64	79,93	181,87
1975	61,39	90,18	134,16	111,09	26,49	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	17,42	467,72
1976	35,76	92,55	117,20	109,11	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,60	390,71
1977	5,90	130,94	274,17	5,36	4,50	4,50	4,50	4,50	16,77	4,50	52,06	14,08	521,77
1978	4,50	107,16	77,14	59,38	4,50	4,50	4,50	4,50	5,47	5,47	4,50	22,04	303,64
1979	63,47	45,28	16,01	23,01	4,50	4,50	4,82	4,50	4,50	4,50	10,01	21,88	206,98
1980	5,90	184,21	231,56	4,93	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	7,76	4,50	26,02	487,36
1981	62,61	59,38	139,55	18,38	5,68	4,50	4,50	16,44	4,50	5,57	26,77	8,91	356,80
1982	76,60	74,77	92,09	5,36	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	5,14	7,40	7,08	290,94
1983	6,55	41,03	100,72	92,76	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	96,74	369,28
1984	48,62	41,84	125,24	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	8,70	61,10	31,94	344,43
1985	13,00	33,66	81,33	30,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	57,23	246,72
1986	184,96	129,54	136,32	7,08	4,50	4,50	4,50	4,50	10,48	12,57	23,74	65,15	587,84
1987	92,85	84,45	78,97	30,95	6,21	4,56	4,50	4,50	4,50	4,50	15,98	40,70	372,67
1988	64,94	79,25	110,07	37,45	5,84	4,50	4,51	6,13	8,03	7,45	14,76	41,93	384,86
1989	71,40	78,61	111,62	44,47	6,58	4,50	4,50	6,45	10,06	8,26	13,65	44,89	405,00
1990	91,79	104,70	110,64	44,96	6,60	4,63	4,50	4,77	8,48	11,46	17,22	54,06	463,80
1991	96,50	27,30	87,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	211,50
1992	68,38	81,04	98,36	34,04	1,59	0,06	0,01	0,90	3,49	4,56	10,65	40,30	343,38
1993	123,00	140,00	156,00	243,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,64	16,30	15,00	703,94
1994	125,50	88,00	129,10	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	35,20	395,00
1995	79,30	26,10	81,40	0,00	8,30	0,00	0,00	0,00	18,10	8,10	49,70	39,70	310,70
1996	65,88	100,99	87,14	26,66	5,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,80	299,28
1997	36,20	59,30	66,60	5,10	3,30	0,00	0,00	1,00	21,60	2,80	10,00	132,30	338,20
1998	162,10	142,50	88,80	32,90	0,00	0,00	0,00	0,70	4,60	0,00	36,70	54,70	523,00
1999	64,80	219,70	132,80	51,10	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	29,80	22,60	33,60	564,40
2000	155,10	143,60	125,70	41,70	7,60	0,00	0,00	2,10	8,50	31,10	7,40	108,30	631,10
2001	130,80	108,80	186,40	71,40	2,10	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	31,00	24,10	558,80
2002	116,70	85,50	107,80	82,00	4,60	0,00	0,00	0,00	6,40	19,90	16,43	16,70	456,03
2003	49,20	117,60	64,30	11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,70	7,60	107,40	381,00
2004	31,80	71,00	58,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,60	183,20
2005	29,67	70,39	7,48	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	133,30	244,18
2006	56,31	49,44	124,21	30,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,75	32,24	299,98
2007	104,00	20,90	118,30	41,10	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	20,20	59,50	365,20
2008	70,55	114,34	103,45	17,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,16	325,95
2009	59,48	96,21	53,53	31,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	23,81	25,63	291,62
2010	63,70	81,20	84,20	45,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,30	60,30	335,60
2011	74,82	78,74	47,30	45,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90	27,62	280,74
2012	12,75	108,08	133,25	39,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	8,48	302,70
2013	89,10	111,00	125,90	0,00	11,30	2,70	0,00	1,10	8,20	14,00	0,00	50,40	413,70
Prom.	73,05	86,12	104,85	37,81	4,08	2,49	2,44	3,41	6,09	7,09	13,43	44,13	384,99

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.13: Registro de precipitación de la estación Hacienda Bernalles (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	0,00	0,00	0,43	0,04	0,14	0,10	0,68	0,00	0,49	0,27	0,04	0,68	2,86
1965	0,07	0,80	0,11	0,38	0,43	0,69	0,00	0,80	0,33	0,68	0,05	0,20	4,55
1966	0,00	0,00	0,05	0,29	0,49	0,32	0,00	0,58	0,43	0,54	0,75	0,16	3,60
1967	0,57	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,35	0,58	0,21	0,07	0,30	0,00	2,49
1968	0,54	0,00	0,08	0,00	0,51	0,61	0,00	0,83	0,61	0,72	0,09	0,30	4,27
1969	0,00	0,57	0,66	0,05	0,67	0,32	0,00	0,82	0,19	0,17	0,78	0,84	5,08
1970	0,22	0,42	0,32	0,00	0,19	0,52	0,64	0,00	0,42	0,76	0,38	0,21	4,09
1971	0,00	0,11	0,06	0,45	0,00	0,60	0,09	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64
1972	4,29	7,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,96
1973	0,00	1,90	0,00	1,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	20,80	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	26,66
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,05	0,50	0,35	0,77	0,53	0,99	0,38	0,81	0,56	0,73	0,00	0,00	5,67
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
2000	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
2001	0,10	1,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,65
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,10	0,00	0,90
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
2005	2,00	5,80	0,00	0,17	0,60	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	8,77
2006	0,00	3,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	1,30	0,10	0,00	0,00	0,31	5,21
2007	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
2008	5,50	2,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	9,30
2009	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	0,20	0,00	0,00	0,10	2,10	6,30
2010	2,10	0,70	0,00	0,00	0,00	1,60	0,20	0,60	0,50	0,20	0,00	0,00	5,90
2011	6,30	0,80	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,80	0,00	0,40	0,00	0,40	8,90
2012	0,00	1,20	0,60	0,00	0,00	1,70	0,00	0,00	0,40	0,20	0,00	0,20	4,30
2013	0,00	2,90	0,00	0,00	0,40	2,50	2,80	0,50	0,90	0,00	0,00	0,20	10,20
Prom.	0,85	0,71	0,09	0,07	0,11	0,28	0,15	0,18	0,10	0,09	0,07	0,12	2,83

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1. 14: Registro de precipitación de la estación Huancano (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1966	3,58	0,27	7,91	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,80	0,69	0,48	15,31
1967	2,93	11,82	2,95	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	18,52
1968	2,14	0,10	0,86	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	3,96
1969	0,35	1,37	5,79	0,48	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14	8,81
1970	11,31	0,39	1,75	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2,05	0,10	0,10	1,37	17,56
1971	1,24	1,41	8,04	1,97	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,82	14,16
1972	2,69	12,80	12,72	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,44	29,41
1973	4,09	6,30	0,22	0,61	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	11,99
1974	1,07	5,66	2,52	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2,77	12,80
1975	0,10	1,46	2,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,33	5,71
1976	5,45	12,97	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	19,39
1977	0,05	9,47	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10,01
1978	0,05	0,05	9,22	0,68	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10,39
1979	0,05	0,05	3,82	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,05	5,36
1980	0,05	4,57	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10,86	0,05	0,05	15,92
1981	6,83	6,83	0,05	6,46	0,43	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	20,94
1982	2,31	11,74	5,18	0,51	0,06	0,05	0,25	0,05	0,21	0,48	0,10	0,80	21,73
1983	0,05	0,16	0,17	0,08	0,10	0,56	0,21	0,12	0,07	0,08	0,06	0,09	1,75
1984	0,09	0,05	0,05	0,05	0,15	0,22	0,08	0,64	0,33	0,07	0,16	0,05	1,94
1985	0,28	0,16	0,06	0,10	0,14	0,16	0,20	0,17	0,10	0,08	0,06	0,22	1,71
1986	0,17	0,05	0,05	0,05	0,74	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,46
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,04	0,01	0,07	0,03	0,06	0,08	0,17	0,12	0,06	0,05	0,03	0,01	0,72
1993	0,02	0,08	0,02	0,04	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,70
2000	5,90	3,30	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40
2001	2,50	4,10	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40
2002	0,00	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,90
2003	1,50	2,20	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	8,20
2004	0,40	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	2,00
2005	4,77	15,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,71	24,35
2006	0,77	12,65	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	5,29	0,89	23,75
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	10,74	15,35	1,49	1,35	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	30,53
2009	4,60	17,30	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	26,40
2010	0,03	5,52	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,74	6,51
2011	3,90	4,35	0,37	0,03	0,03	0,03	3,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	11,89
2012	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00
2013	0,00	12,10	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,60
Prom.	1,65	4,07	1,86	0,27	0,07	0,06	0,11	0,05	0,09	0,30	0,16	0,38	9,06

Fuente: ANA (2015)

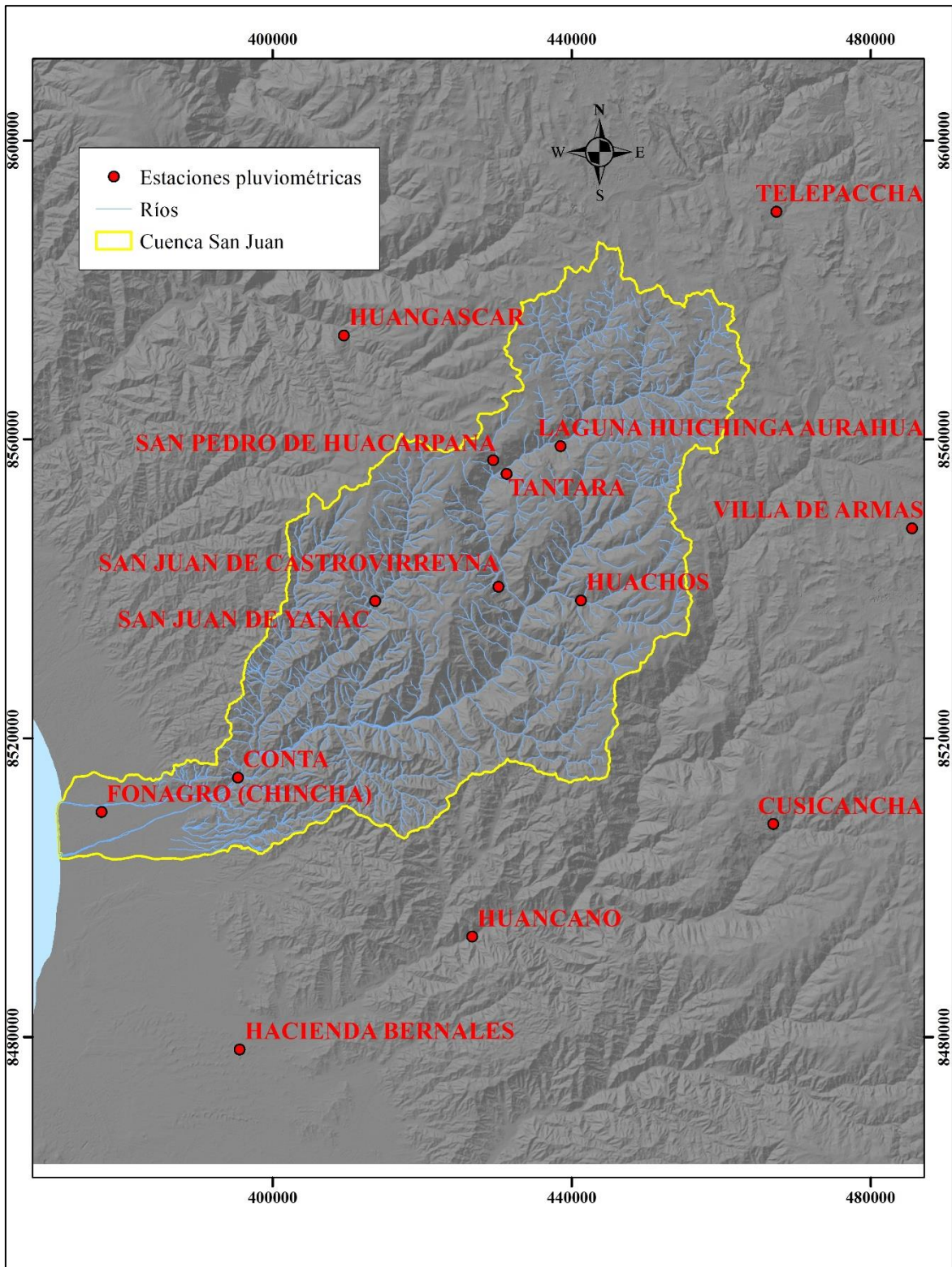


Figura 1.1: Ubicación de estaciones pluviométricas

Fuente: ANA (2015)

Cuadro 1.15: Registro de temperatura media mensual

N°	Nombre de la estación	Coordenadas UTM		Temperatura (°C)												
		X	Y	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
1	Cañete	355 759	8 554 219	23,56	23,94	23,98	22,28	19,10	17,17	16,66	16,59	16,97	17,96	19,29	21,40	19,91
2	Challaca Co	456 692	8 475 654	18,44	18,62	18,88	18,42	17,78	17,59	17,58	17,89	18,48	18,32	18,21	18,39	18,22
3	Cusicancha	467 941	8 506 122	13,99	13,64	13,64	13,71	14,26	14,17	14,11	14,39	14,65	14,57	14,52	14,12	14,15
4	Fonagro	377 222	8 511 953	23,40	24,30	23,72	21,88	19,36	17,64	17,10	16,92	17,51	18,16	19,30	21,33	20,05
5	Hacienda Bernales	395 521	8 480 686	23,59	24,19	24,16	22,54	19,89	17,77	17,01	17,02	17,97	18,94	19,84	21,71	20,39
6	Huachos	442 206	8 538 405	15,07	14,90	14,62	15,18	15,14	14,99	14,94	15,46	15,98	16,01	15,65	15,34	15,27
7	Huancalpi	474 288	8 613 782	10,46	10,38	10,20	10,08	9,57	8,15	7,76	8,61	9,54	10,45	10,62	10,82	9,72
8	Huancano	432 816	8 496 293	21,90	22,71	23,19	22,62	20,85	19,11	18,63	19,03	19,67	20,39	20,71	21,11	20,83
9	Huangascar	409 556	8 573 935	15,24	14,92	15,09	16,20	16,90	17,21	17,33	17,20	17,18	16,65	16,08	15,78	16,32
10	Pacaran	385 210	8 577 127	23,44	23,90	24,22	23,13	20,80	18,81	17,77	18,10	19,23	20,17	21,00	22,14	21,06
11	San Juan de Castrovirreyña	432 001	8 539 337	18,51	18,61	18,82	18,91	18,72	18,24	18,23	18,41	18,77	18,63	18,53	18,47	18,57
12	San Juan de Yanac	414 866	8 539 317	14,95	14,69	14,83	15,14	15,56	15,72	15,57	15,78	16,00	15,79	15,50	15,01	15,38
13	San Pedro de Huacarpana	429 927	8 557 481	8,45	8,19	8,49	8,82	8,55	8,53	8,08	8,49	8,77	8,69	8,71	8,72	8,54
14	Socsi Cañete	370 470	8 559 426	22,97	24,38	24,26	23,02	20,43	18,46	17,46	17,59	18,42	19,00	19,79	21,00	20,57
15	Yauyos	401 051	8 618 864	18,07	17,85	17,76	17,76	17,35	17,02	17,04	17,25	17,64	17,84	17,92	17,82	17,61

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web de SENAMHI

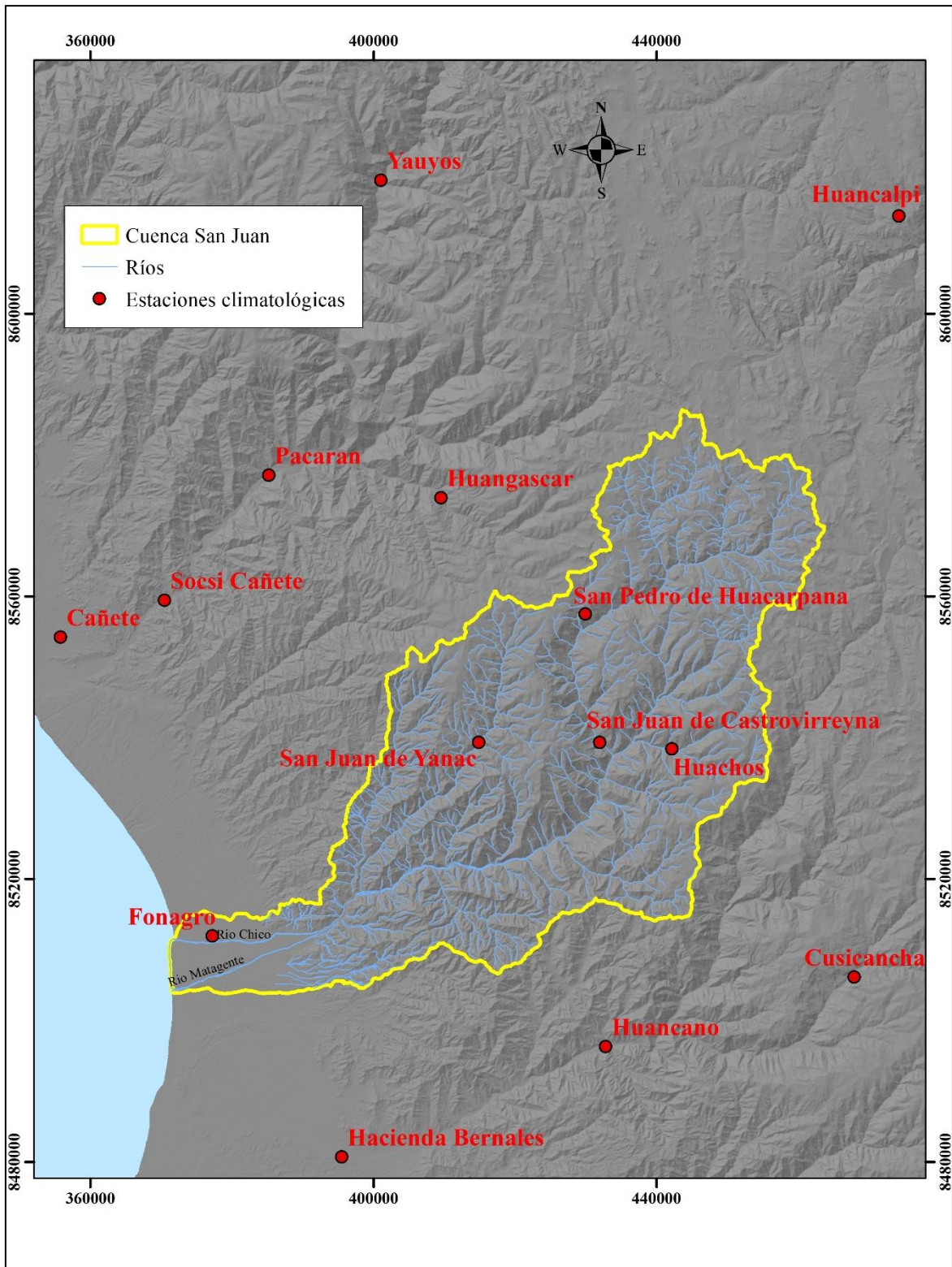


Figura 1.2: Ubicación de las estaciones climatológicas

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web de SENAMHI

Cuadro 1.16: Dotación de agua superficial a cada bloque de riego (Hm³)

Sub – Sector	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Río Chico	0,2295	0,2569	0,2545	0,2332	0,0988	0,0279	0,0233	0,0700	0,0786	0,1042	0,0679	0,1511	1,5959
Irrigación Pampas de Ñoco	4,0165	3,8274	5,1495	4,6018	1,5074	0,5455	0,4965	0,5547	0,4790	1,9182	1,8714	1,8495	26,8175
Cauce Principal	0,6867	0,8860	0,9010	0,6827	0,1966	0,0960	0,0812	0,4936	0,4201	0,2684	0,2661	0,6230	5,6014
Ñoco	1,3251	1,2961	1,7025	1,5744	0,3962	0,1029	0,0485	0,1327	0,7469	0,5787	0,2971	0,9275	9,1286
Acequia Grande	0,8667	1,0126	1,1486	0,9201	0,1855	0,0227	0,0751	0,3209	0,4187	0,4040	0,2322	0,5544	6,1614
Pilpa	0,1030	0,1007	0,2797	0,2143	0,0744	0,0000	0,0340	0,0237	0,1730	0,0495	0,0704	0,1703	1,2930
Chincha Baja	1,1511	1,2621	1,6328	1,3023	0,3623	0,1361	0,1076	0,3622	0,3719	0,3935	0,2660	0,6005	7,9486
Río Viejo	1,7750	1,9500	2,0981	1,6485	0,3486	0,1460	0,1484	0,6893	0,3542	0,4020	0,3159	0,8503	10,7263
Chillón	1,2678	1,2587	1,4211	1,2243	0,4248	0,1518	0,0958	0,4943	0,9504	0,2928	0,3772	0,9807	8,9399
Matagente	1,8220	1,9210	2,1337	1,9195	0,5708	0,3095	0,2679	0,7218	0,9073	0,6680	0,2398	1,0217	12,5031
Chochocota	2,3047	2,2853	2,8120	1,9323	0,2986	0,0786	0,0609	0,3947	0,5773	0,6684	0,2747	0,7785	12,4660
Belén	1,7512	1,7046	2,1719	1,3344	0,3169	0,0845	0,0975	0,5216	0,3977	0,3393	0,3748	0,6913	9,7858
San Regis	1,4940	1,7860	2,2995	1,4572	0,2368	0,0556	0,0830	0,3843	0,9322	0,3851	0,1600	1,0454	10,3192
Pampa Baja	3,1976	3,2974	4,5908	3,0748	1,0697	0,5395	0,4564	1,0046	1,0356	0,7905	0,6817	1,5977	21,3362
Total	21,9911	22,8448	28,5958	22,1199	6,0873	2,2967	2,0761	6,1684	7,8428	7,2626	5,4952	11,8420	144,6229

Fuente: ANA (2015)

ANEXO 2: DATOS HIDROGEOLÓGICOS

Cuadro 2.1: Registro de los niveles estáticos – distrito Alto Larán

Código IRHS11/2/2-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
9	380 235	8 513 628	90,56	4,20
11	380 131	8 512 766	92,98	6,43
20	379 589	8 511 523	89,48	2,71
22	378 769	8 511 543	76,52	4,05
28	377 608	8 512 613	66,01	11,20
33	377 290	8 511 531	59,58	5,09
60	382 127	8 513 373	124,66	14,68
67	384 047	8 512 317	137,28	20,50
68	384 033	8 512 660	138,11	20,45
70	385 766	8 511 587	157,50	1,73
73	388 264	8 511 518	197,63	2,03
76	388 877	8 511 625	199,28	4,40
88	377 859	8 513 821	66,29	12,01

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.2: Registro de los niveles estáticos – distrito Chincha Alta

Código IRHS11/2/1-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
8	376 625	8 516 333	101,89	36,14

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.3: Registro de los niveles estáticos – distrito Tambo de Mora

Código IRHS11/2/11-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
28	371 753	8 513 655	12,13	0,39
34	372 098	8 513 102	10,68	0,35
59	371 441	8 511 136	7,91	1,36
59	371 441	8 511 136	7,91	1,36
68	372 265	8 510 131	14,93	4,12
74	371 750	8 509 238	13,05	4,67
77	371 802	8 510 770	15,60	3,37
82	372 523	8 510 771	21,20	4,54
83	372 499	8 508 993	10,87	4,54

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.4: Registro de los niveles estáticos – distrito Chincha Baja

Código IRHS11/2/4-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
4	374 572	8 506 154	29,04	4,06
10	375 537	8 506 649	46,38	4,37
14	373 310	8 509 383	24,69	6,41
25	373 554	8 510 619	25,55	3,96
30	375 069	8 510 738	38,40	3,56
35	372 740	8 506 192	19,16	4,46
36	372 725	8 506 069	22,63	1,29
38	376 351	8 507 520	43,54	7,19
45	374 805	8 508 069	32,90	4,09
52	375 407	8 508 700	46,01	4,31
54	373 920	8 508 854	23,82	4,87
75	375 238	8 507 527	35,82	3,92
76	376 657	8 508 834	67,22	2,41
85	376 846	8 510 540	59,55	3,39
89	373 362	8 506 963	30,62	4,86
92	376 127	8 513 869	56,81	12,36
103	375 168	8 513 503	45,69	6,85
108	374 893	8 513 913	46,54	8,26
114	376 650	8 504 689	45,06	14,63
126	376 492	8 511 829	55,84	9,25
129	375 667	8 511 792	53,21	9,32
130	375 336	8 512 364	44,50	10,21
132	374 873	8 511 913	41,30	9,51
135	374 254	8 513 160	35,26	1,39
136	376 098	8 513 082	53,73	13,25
144	375 528	8 503 381	35,72	13,04
147	379 527	8 506 995	67,81	1,97
151	375 364	8 505 822	36,53	2,77
153	373 558	8 505 153	28,94	6,28
194	376 098	8 509 580	43,48	1,71
198	377 348	8 507 521	57,94	5,31

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.5: Registro de los niveles estáticos – distrito El Carmen

Código IRHS11/2/5-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
10	379 562	8 507 963	78,00	4,53
12	379 643	8 508 360	76,98	5,94
13	380 255	8 508 091	86,27	2,53
23	382 785	8 509 655	124,95	2,56
30	383 051	8 508 907	120,78	2,99
45	383 425	8 509 352	124,54	4,87
47	384 540	8 509 661	133,98	4,25
48	385 063	8 509 821	147,00	1,91
53	383 448	8 510 092	122,35	3,45
56	381 208	8 506 892	91,37	5,12
58	383 230	8 507 494	114,94	8,68
66	384 131	8 508 682	124,00	2,75
74	384 288	8 507 531	126,99	8,32
94	377 381	8 501 758	48,89	25,57
120	376 282	8 503 010	46,61	23,81
124	377 275	8 499 778	52,19	18,67
125	378 298	8 508 187	65,21	3,65
127	375 606	8 498 997	34,76	12,39
137	377 881	8 509 261	60,66	3,04
194	385 865	8 508 194	151,30	6,26
199	389 062	8 510 059	201,93	4,10
202	387 766	8 509 325	181,43	7,35
205	387 726	8 509 640	192,54	6,93
210	389 797	8 510 434	212,01	6,37
221	389 369	8 510 601	205,24	5,17
225	387 446	8 509 099	186,31	6,41
230	387 632	8 508 380	179,96	5,19
232	383 186	8 505 653	110,77	22,45
246	382 409	8 505 785	110,71	21,02
247	382 655	8 504 804	106,98	27,80
252	383 815	8 504 724	130,33	42,37
256	379 665	8 503 840	82,86	36,67
264	379 119	8 504 837	72,51	22,42
266	380 289	8 505 765	81,72	16,71
270	379 300	8 501 140	74,31	37,67
277	373 132	8 500 367	19,21	3,88
284	377 009	8 503 857	50,87	24,15
288	374 036	8 498 283	19,27	1,28
293	382 266	8 508 409	106,76	3,17
295	381 360	8 503 976	98,03	43,68
301	382 279	8 508 980	114,52	4,25

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.6: Registro de los niveles estáticos – distrito Grocio Prado

Código IRHS11/2/6-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
3	373 919	8 518 149	87,46	41,48
9	364 761	8 527 770	45,68	3,90
32	365 756	8 526 075	23,48	4,46
55	366 857	8 524 629	20,61	1,89
58	367 394	8 523 980	22,70	3,38
69	367 839	8 523 152	10,91	1,72
83	368 242	8 522 268	15,47	2,28
105	368 913	8 521 427	17,67	2,01
116	369 472	8 520 564	29,40	2,54
140	371 697	8 519 577	85,93	41,15
141	371 505	8 520 771	84,12	46,82
142	372 988	8 518 251	71,68	39,65
143	375 516	8 520 488	120,84	60,84
144	371 934	8 517 281	64,95	27,79

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.7: Registro de los niveles estáticos – distrito Sunampe

Código IRHS11/2/10-	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)	Nivel estático (m)
2	373 202	8 513 679	46,54	19,20
3	373 286	8 514 165	58,71	22,05
5	374 148	8 514 747	65,53	24,83
7	373 530	8 515 031	78,79	23,20
19	373 958	8 514 163	63,34	23,25
21	372 957	8 515 691	68,07	26,60
24	374 724	8 516 807	81,89	36,04
25	374 898	8 514 783	75,96	27,75
26	375 941	8 515 142	76,05	29,87
32	373 541	8 515 668	68,19	24,90

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

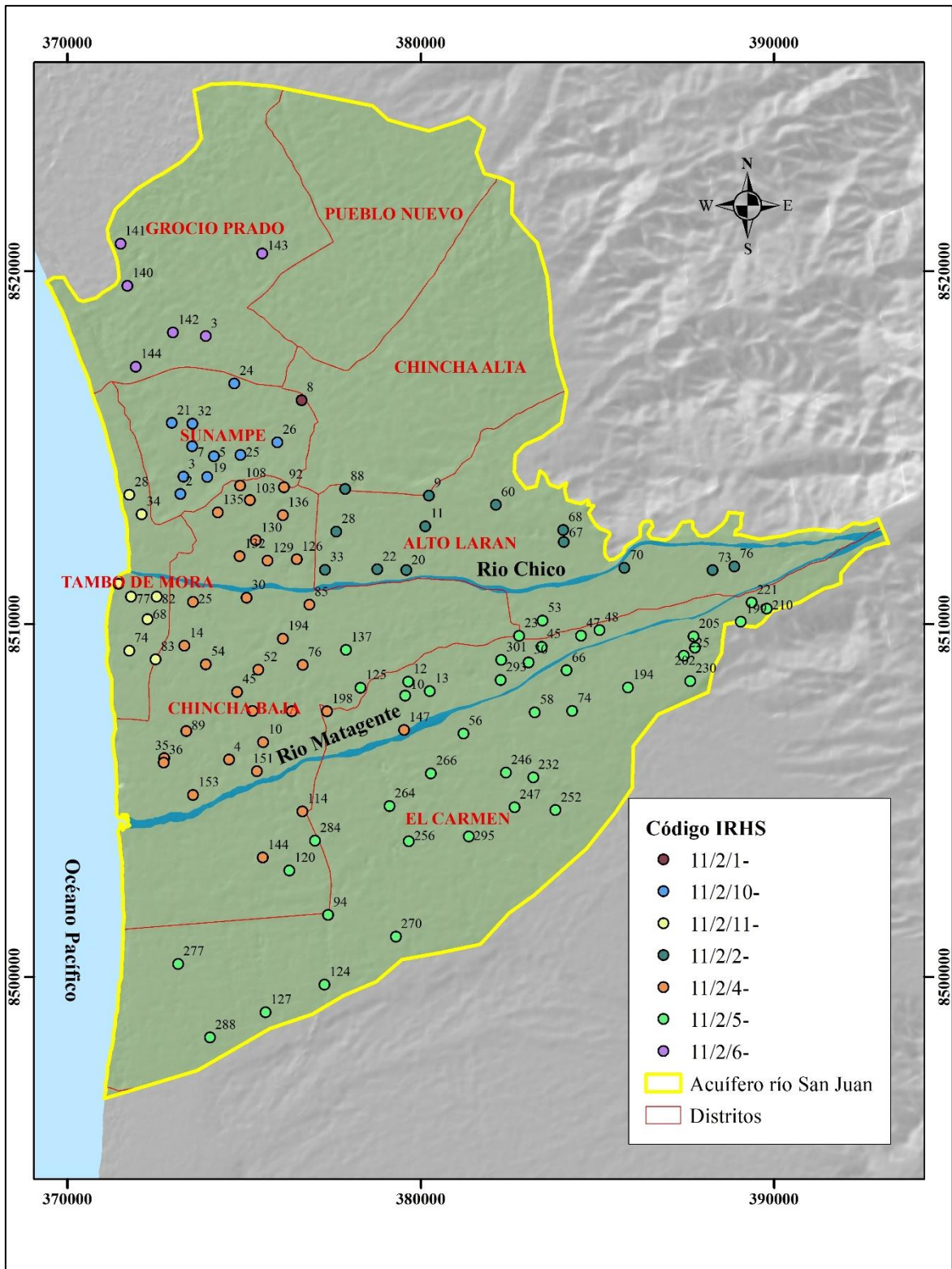


Figura 2.1: Ubicación de pozos de observación del nivel estático

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.8: Conductividad hidráulica

Código IRHS11/2/	Este	Norte	Conductividad hidráulica (m/d)	
			Descenso	Recuperación
5-266	380 285	8 505 776	19,60	20,20
5-250	383 401	8 506 276	124,41	41,47
5-232	383 173	8 505 670	20,20	34,40
5-222	389 527	8 510 791	22,80	8,53
5-208	389 459	8 510 225	14,70	17,40
5-199	389 058	8 510 075	69,60	10,20
5-198	389 073	8 510 086	28,50	9,29
5-48	381 504	8 501 676	130,00	86,80
4-284	374 661	8 505 941	32,30	44,90
4-156	380 065	8 507 799	49,90	22,30
4-138	376 670	8 514 626	54,30	57,30
4-57	374 521	8 509 427	7,92	14,00
4-30	375 063	8 510 745	18,30	29,00
4-5	377 822	8 502 340	95,70	56,90
4-4	376 113	8 507 400	34,60	18,50
4-1	374 215	8 506 982	12,60	19,70
2-100	380 705	8 510 598	5,41	12,10
2-93	378 119	8 510 425	31,30	38,50
2-67	384 039	8 512 319	8,32	31,50
2-59	382 153	8 513 043	19,10	13,90
2-49	380 550	8 512 426	80,60	98,00
2-38	382 790	8 509 690	25,00	8,43
2-13	379 345	8 512 472	14,40	13,20
2-5	379 640	8 514 023	35,60	54,60
10-35	373 257	8 513 307	70,20	56,10

Fuente: ANA (2015)

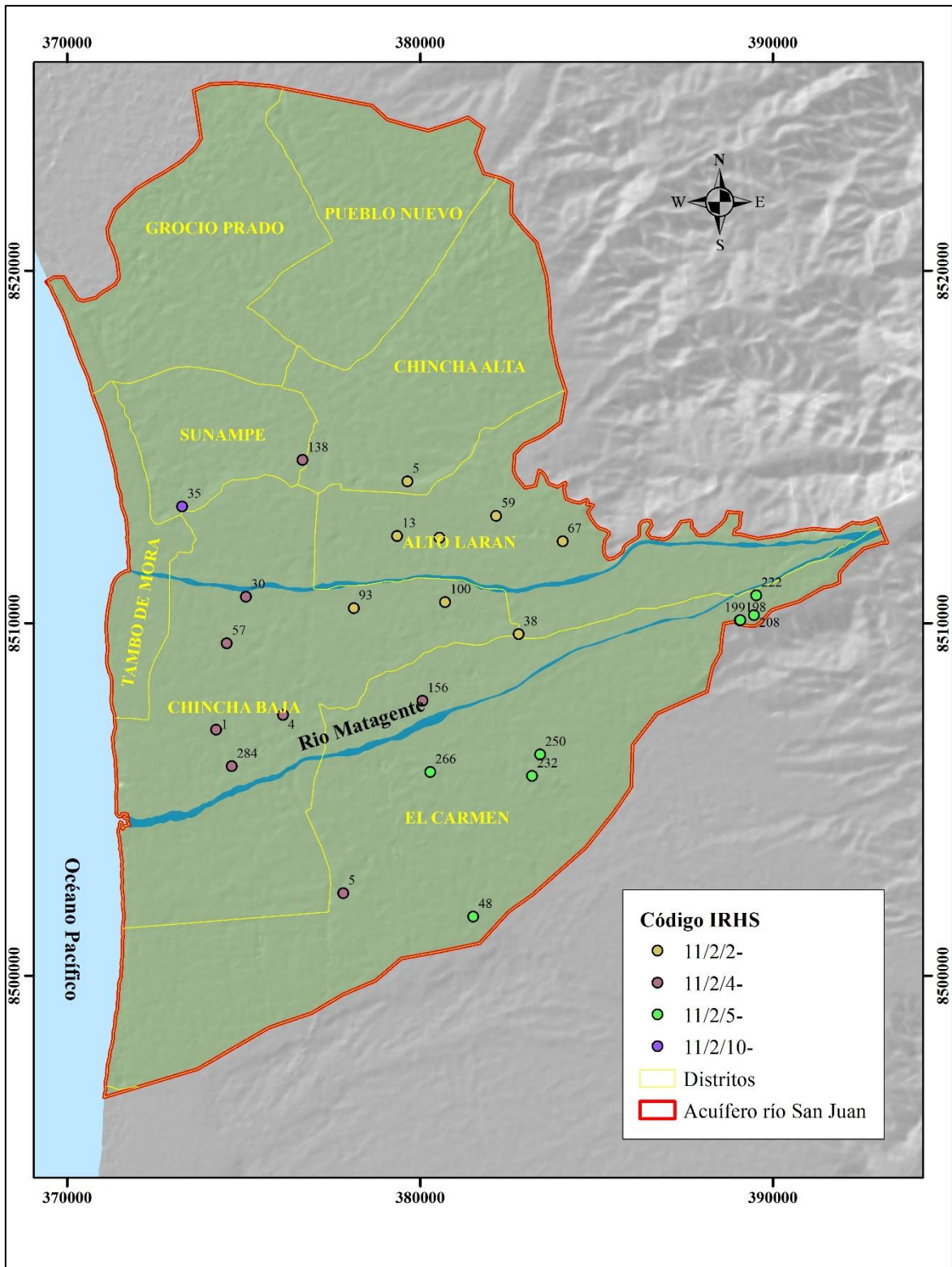


Figura 2.2: Pozos donde se realizó las pruebas de bombeo

Fuente: Elaboración propia con datos de ANA (2015)

Cuadro 2.9: Valores de conductividad eléctrica – distrito Chincha Alta

Código 11/2/1-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
4	377 723	8 515 657	3500
8	376 621	8 516 336	4270

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.10: Valores de conductividad eléctrica – distrito Alta Larán

Código 11/2/2-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	382 536	8 510 587	810
6	378 349	8 513 218	2110
12	379 260	8 512 581	1120
14	379 971	8 511 970	1000
19	379 198	8 511 565	440
24	377 956	8 513 540	1490
28	377 604	8 512 620	860
34	377 645	8 511 563	830
38	380 375	8 512 336	850
41	382 318	8 512 039	690
43	384 880	8 511 594	1390
45	390 281	8 511 785	520
50	391 049	8 512 493	770
51	389 922	8 512 351	640
53	387 589	8 512 349	550
56	380 852	8 513 446	1610
58	381 373	8 512 931	550
60	382 128	8 513 374	1530
63	383 280	8 513 111	1750
64	382 495	8 512 756	890
67	384 039	8 512 319	980
69	384 936	8 512 347	2440
73	388 256	8 511 525	520
76	388 869	8 511 627	490
77	386 470	8 511 672	570
82	388 507	8 512 519	590
85	379 985	8 513 783	1810
91	378 098	8 510 844	610
184	385 443	8 510 548	510
209	383 254	8 511 101	720

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.11: Valores de conductividad eléctrica – distrito Chinchá Baja

Código 11/2/4-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	374 215	8 506 982	1110
2	373 467	8 506 141	1170
5	374 567	8 506 246	1590
9	375 391	8 506 910	900
31	375 058	8 510 740	800
35	372 735	8 506 197	1260
38	376 353	8 507 517	830
40	376 546	8 509 528	770
41	374 168	8 507 616	1260
46	375 048	8 508 376	930
50	375 207	8 507 823	970
54	373 911	8 508 864	590
57	374 521	8 509 427	880
83	373 651	8 510 485	900
85	376 831	8 510 535	810
88	372 298	8 507 760	890
92	376 115	8 513 874	1760
100	372 764	8 507 284	1070
101	373 149	8 506 829	1290
106	374 685	8 513 774	2500
113	376 430	8 505 131	470
115	372 442	8 502 994	1150
129	375 666	8 511 799	750
131	373 960	8 511 628	1490
132	374 868	8 511 920	1440
134	373 650	8 512 280	2080
135	374 246	8 513 162	2040
136	376 088	8 513 087	1330
139	377 043	8 513 492	1390
141	374 275	8 502 912	900
143	374 709	8 503 535	680
144	375 520	8 503 383	920
146	375 831	8 503 951	840
153	373 559	8 505 151	360
154	377 184	8 506 514	600
155	378 012	8 507 326	600
156	378 301	8 506 854	520
161	376 677	8 506 779	700
168	379 408	8 507 126	420
189	376 102	8 510 138	870
196	376 067	8 508 534	730
202	378 964	8 505 401	480
221	376 712	8 512 372	1090
230	372 855	8 503 792	960

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.12: Valores de conductividad eléctrica – distrito El Carmen

Código 11/2/5-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica (uS/cm)
9	379 451	8 508 666	740
11	379 514	8 507 962	770
15	381 167	8 508 212	430
21	382 168	8 509 591	560
28	383 172	8 509 181	530
38	381 675	8 508 986	610
47	384 537	8 509 664	510
49	386 636	8 510 228	510
50	388 253	8 510 749	420
53	383 441	8 510 091	500
56	381 193	8 506 892	440
63	382 559	8 507 906	440
74	384 270	8 507 532	730
76	385 008	8 508 164	630
89	385 939	8 509 183	500
93	373 526	8 502 009	1160
94	377 369	8 501 764	2700
105	374 486	8 501 290	2410
106	374 455	8 502 178	1080
109	378 917	8 506 253	430
112	380 604	8 508 256	600
117	375 233	8 502 284	1220
127	375 595	8 498 993	3970
129	375 520	8 499 717	5420
131	375 422	8 501 200	3240
138	378 488	8 509 463	740
141	376 652	8 501 890	2400
142	377 184	8 503 463	830
144	376 270	8 500 707	3710
145	374 533	8 500 535	4940
147	378 086	8 508 391	660
160	378 251	8 508 905	760
172	380 424	8 509 740	650
176	380 473	8 510 808	530
199	389 058	8 510 075	1430
201	387 746	8 509 077	1070
212	390 388	8 510 704	630
214	391 205	8 511 314	400
222	389 527	8 510 791	460
233	383 514	8 505 808	880
236	382 714	8 504 998	1060
237	381 268	8 502 320	1780
240	381 026	8 503 543	870
246	382 394	8 505 787	690
250	383 401	8 506 276	770
252	383 807	8 504 724	830
253	378 325	8 502 559	1040
265	380 022	8 505 481	570
267	378 841	8 503 413	940
269	379 763	8 504 142	740
270	379 286	8 501 147	2440
277	373 138	8 500 334	6810
280	377 278	8 500 750	4280
283	373 372	8 498 364	8000
286	373 664	8 499 120	2520
292	382 243	8 503 694	940
295	381 348	8 503 985	1050
303	381 114	8 504 753	1180
393	385 266	8 505 576	750

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.13: Valores de conductividad eléctrica – distrito Grocio Prado

Código 11/2/6-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica(μ S/cm)
1	375 227	8 519 351	1850
3	373 933	8 518 126	1720
74	375 194	8 517 404	4000
142	372 977	8 518 250	2360
144	371 921	8 517 289	2320
154	369 916	8 519 677	8050
157	370 294	8 518 727	10 420

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.14: Valores de conductividad eléctrica – distrito Sunampe

Código 11/2/10-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica (μ S/cm)
1	373 693	8 514 430	1970
2	373 195	8 513 684	1750
9	375 433	8 515 123	570
14	374 588	8 514 442	1460
21	372 946	8 515 696	1800
22	374 783	8 516 515	2210
33	373 706	8 515 133	1120

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.15: Valores de conductividad eléctrica – distrito Tambo de Mora

Código 11/2/11-	Este	Norte	Conductividad Eléctrica (μ S/cm)
22	371 487	8 514 172	750
67	372 330	8 510 011	1380
73	371 519	8 509 287	1270
82	372 510	8 510 772	1080
112	372 006	8 508 436	890

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

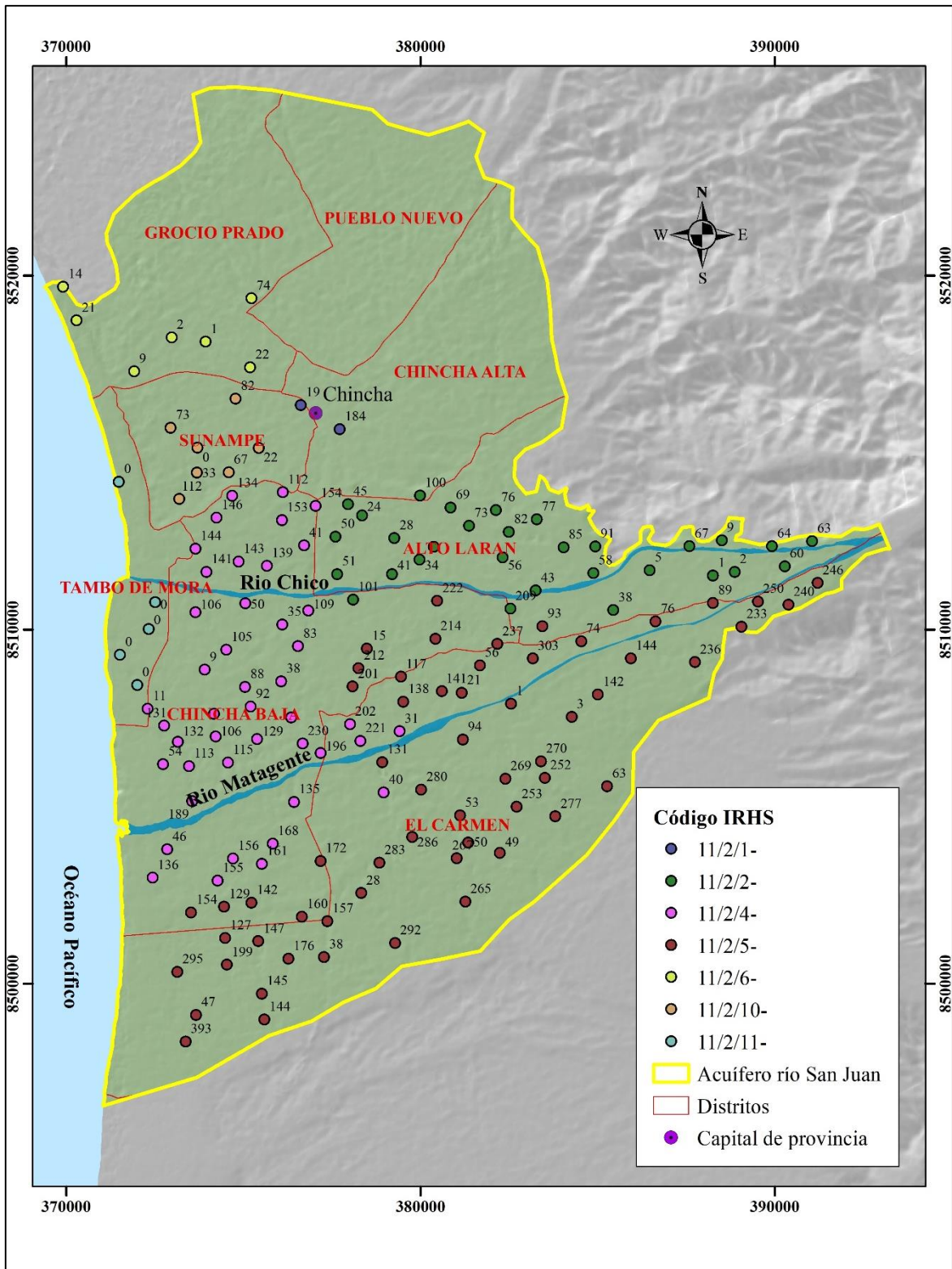


Figura 2.3: Pozos de la red hidrogeológica, conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.16: Valores de pH – distrito Grocio Prado

Código 11/2/6-	Este	Norte	pH
1	375 227	8 519 351	7.69
3	373 933	8 518 126	8.66
74	375 194	8 517 404	7.79
142	372 977	8 518 250	8.11
144	371 921	8 517 289	8.26
154	369 916	8 519 677	7.56
157	370 294	8 518 727	7.6

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.17: Valores de pH – distrito Sunampe

Código 11/2/10-	Este	Norte	pH
1	373 693	8 514 430	7.95
2	373 195	8 513 684	7.85
9	375 433	8 515 123	8.01
14	374 588	8 514 442	8.02
21	372 946	8 515 696	8.85
22	374 783	8 516 515	8.12
33	373 706	8 515 133	7.87

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.18: Valores de pH – distrito Chincha Alta

Código 11/2/1-	Este	Norte	pH
4	377 723	8 515 657	8.25
8	376 621	8 516 336	7.79
9	377 954	8 514 136	7.64

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.19: Valores de pH – distrito Tambo de Mora

Código 11/2/11-	Este	Norte	pH
22	371 487	8 514 172	7.21
67	372 330	8 510 011	7.84
73	371 519	8 509 287	7.75
82	372 510	8 510 772	7.83
112	372 006	8 508 436	7.86

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.20: Valores de pH – distrito Chincha Baja

Código 11/2/4-	Este	Norte	pH
1	374 215	8 506 982	7.82
2	373 467	8 506 141	7.7
5	374 567	8 506 246	7.76
9	375 391	8 506 910	7.84
31	375 058	8 510 740	8.02
35	372 735	8 506 197	7.72
38	376 353	8 507 517	7.7
40	376 546	8 509 528	7.88
41	374 168	8 507 616	7.5
46	375 048	8 508 376	7.64
50	375 207	8 507 823	7.66
54	373 911	8 508 864	7.78
57	374 521	8 509 427	7.84
83	373 651	8 510 485	7.77
85	376 831	8 510 535	7.68
88	372 298	8 507 760	7.7
92	376 115	8 513 874	7.64
100	372 764	8 507 284	7.83
101	373 149	8 506 829	7.67
106	374 685	8 513 774	7.58
113	376 430	8 505 131	7.83
115	372 442	8 502 994	8.14
129	375 666	8 511 799	7.6
131	373 960	8 511 628	7.72
132	374 868	8 511 920	7.58
134	373 650	8 512 280	7.5
135	374 246	8 513 162	7.57
136	376 088	8 513 087	7.64
139	377 043	8 513 492	7.85
141	374 275	8 502 912	7.84
143	374 709	8 503 535	7.75
144	375 520	8 503 383	7.83
146	375 831	8 503 951	7.78
153	373 559	8 505 151	7.8
154	377 184	8 506 514	7.8
155	378 012	8 507 326	7.8
156	378 301	8 506 854	7.77
161	376 677	8 506 779	7.97
168	379 408	8 507 126	7.7
189	376 102	8 510 138	7.72
196	376 067	8 508 534	7.62
202	378 964	8 505 401	7.77
221	376 712	8 512 372	7.65
230	372 855	8 503 792	7.69

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.21: Valores de pH – distrito El Carmen

Código 11/2/5-	Este	Norte	pH
9	379 451	8 508 666	7.76
11	379 514	8 507 962	7.79
15	381 167	8 508 212	7.41
21	382 168	8 509 591	7.85
28	383 172	8 509 181	7.54
38	381 675	8 508 986	7.72
47	384 537	8 509 664	7.71
49	386 636	8 510 228	7.92
50	388 253	8 510 749	8.11
53	383 441	8 510 091	8.01
56	381 193	8 506 892	7.72
63	382 559	8 507 906	7.83
74	384 270	8 507 532	7.71
76	385 008	8 508 164	7.73
89	385 939	8 509 183	7.73
93	373 526	8 502 009	7.78
94	377 369	8 501 764	7.68
105	374 486	8 501 290	7.32
106	374 455	8 502 178	7.8
109	378 917	8 506 253	7.73
112	380 604	8 508 256	7.78
117	375 233	8 502 284	7.74
127	375 595	8 498 993	7.12
129	375 520	8 499 717	7.72
131	375 422	8 501 200	7.87
138	378 488	8 509 463	7.81
141	376 652	8 501 890	7.62
142	377 184	8 503 463	7.84
144	376 270	8 500 707	7.73
145	374 533	8 500 535	7.52
147	378 086	8 508 391	7.79
160	378 251	8 508 905	7.89
172	380 424	8 509 740	7.94
176	380 473	8 510 808	7.85
199	389 058	8 510 075	7.65
201	387 746	8 509 077	7.72
212	390 388	8 510 704	7.81
214	391 205	8 511 314	8.02
222	389 527	8 510 791	8.07
233	383 514	8 505 808	7.68
236	382 714	8 504 998	7.87
237	381 268	8 502 320	8.05
240	381 026	8 503 543	7.85
246	382 394	8 505 787	7.73
250	383 401	8 506 276	7.8
252	383 807	8 504 724	7.98
253	378 325	8 502 559	7.56
265	380 022	8 505 481	7.82
267	378 841	8 503 413	7.98
269	379 763	8 504 142	7.83
270	379 286	8 501 147	7.77
277	373 138	8 500 334	7.88
280	377 278	8 500 750	7.68
283	373 372	8 498 364	7.86
286	373 664	8 499 120	7.69
288	374 034	8 498 284	7.75
292	382 243	8 503 694	7.88
295	381 348	8 503 985	7.95
303	381 114	8 504 753	7.39
393	385 266	8 505 576	8.09

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

Cuadro 2.22: Valores de pH – distrito Alto Larán

Código 11/2/2-	Este	Norte	pH
1	382 536	8 510 587	7.83
6	378 349	8 513 218	7.67
12	379 260	8 512 581	7.66
14	379 971	8 511 970	7.78
19	379 198	8 511 565	7.77
24	377 956	8 513 540	7.81
28	377 604	8 512 620	7.95
34	377 645	8 511 563	7.8
38	380 375	8 512 336	7.88
41	382 318	8 512 039	8.05
43	384 880	8 511 594	7.83
45	390 281	8 511 785	7.88
50	391 049	8 512 493	7.93
51	389 922	8 512 351	7.9
53	387 589	8 512 349	7.78
56	380 852	8 513 446	7.77
58	381 373	8 512 931	7.93
60	382 128	8 513 374	7.83
63	383 280	8 513 111	7.85
64	382 495	8 512 756	7.69
67	384 039	8 512 319	7.92
69	384 936	8 512 347	7.52
73	388 256	8 511 525	7.4
76	388 869	8 511 627	7.96
77	386 470	8 511 672	8.12
82	388 507	8 512 519	7.7
85	379 985	8 513 783	8.06
91	378 098	8 510 844	7.54
184	385 443	8 510 548	7.92
209	383 254	8 511 101	7.98

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

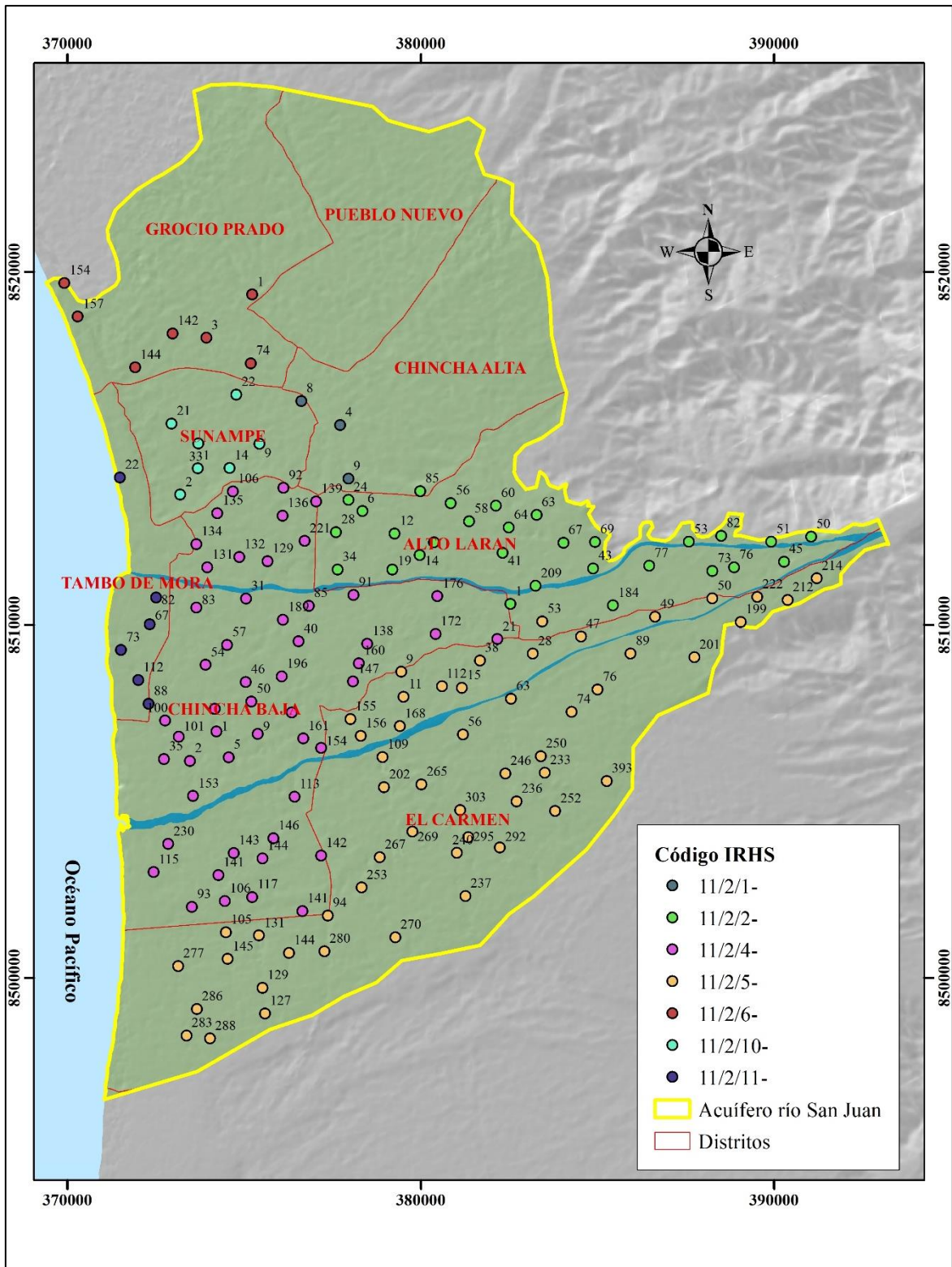


Figura 2.4: Pozos de la red hidrogeoquímica, pH

Fuente: Elaboración propia con datos de monitoreo de la ANA

ANEXO 3: ÁLBUM FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: Vista hacia aguas abajo del río Matagente



Fotografía 2: Vista hacia aguas arriba del río Chico



Fotografía 3: Bocatoma 'La Altura' en el río Matagente



Fotografía 4: Canal no revestido en Chíncha Baja



Fotografía 5: Canal no revestido en El Carmen



Fotografía 6: Canal revestido en Alto Larán



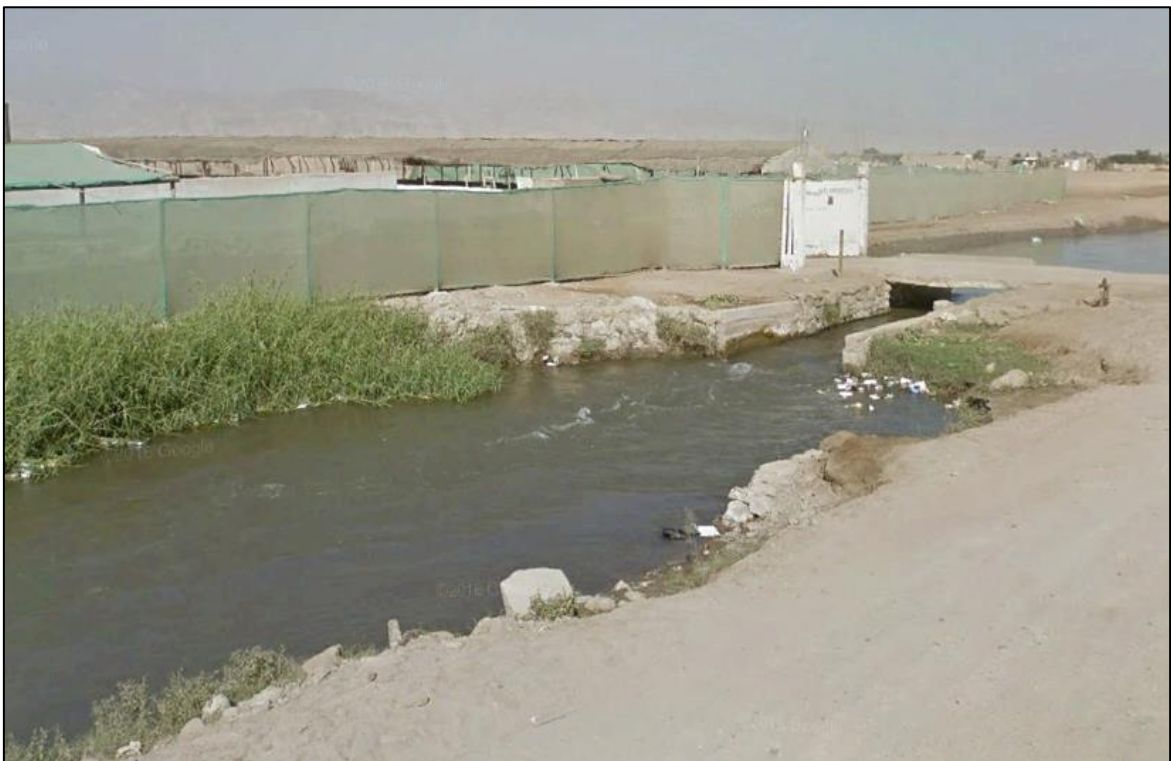
Fotografía 7: Cultivo de mandarina con riego tecnificado en Chincha Alta



Fotografía 8: Cultivo de camote con riego por gravedad en Chincha Alta



Fotografía 9: Canal no revestido en Alto Larán



Fotografía 10: Canal no revestido en Pueblo Nuevo



Fotografía 11: Súper unidad Linga en Chincha Alta



Fotografía 12: Pozo de extracción de agua subterránea



Fotografía 13: Canal no revestido en Chincha Baja



Fotografía 14: Recorrido de campo (río Chico)