

**INDICADORES DE RIESGO HÍDRICO PARA
LAS UNIDADES MINERAS DE LA
COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA**

Elaborado por:



Lima, junio del 2023

Contenido

Resumen	12
1. Introducción	15
2. Objetivo	16
3. Metodología general	16
4. Contexto del estudio	18
4.1. Recursos hídricos nacionales	18
4.2. Sector minero	21
5. Sección 1: Análisis hídrico general	23
5.1. Cuenca Camaná	23
5.1.1. Características generales	23
5.1.1.1. Ubicación geográfica	23
5.1.1.2. Precipitación	24
5.1.1.3. Temperatura	25
5.1.1.4. Evapotranspiración potencial	26
5.1.1.5. Ecosistemas	27
5.1.2. Recursos hídricos	28
5.1.2.1. Escorrentía	28
5.1.2.2. Aguas subterráneas	28
5.1.2.3. Infraestructura hidráulica	29
5.1.2.4. Aspectos sociales y económicos	29
5.1.3. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	30
5.1.3.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero	30
5.2. Cuenca Huaura	31
5.2.1. Características generales	31
5.2.1.1. Ubicación geográfica	31
5.2.1.2. Precipitación	33
5.2.1.3. Temperatura	33
5.2.1.4. Evapotranspiración potencial	35
5.2.1.5. Ecosistemas	35
5.2.2. Recursos hídricos	36
5.2.2.1. Escorrentía	36
5.2.2.2. Aguas subterráneas	37
5.2.2.3. Infraestructura hidráulica	37
5.2.3. Aspectos sociales y económicos	38

5.2.4.	Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	39
5.2.4.1.	Asignación de recursos hídricos para el sector minero	39
5.3.	Cuenca Chancay - Lambayeque	40
5.3.1.	Características generales	40
5.3.1.1.	Ubicación geográfica	40
5.3.1.2.	Precipitación	41
5.3.1.3.	Temperatura	42
5.3.1.4.	Evapotranspiración potencial	43
5.3.1.5.	Ecosistemas	44
5.3.2.	Recursos hídricos	45
5.3.2.1.	Escorrentía	45
5.3.2.2.	Aguas subterráneas	46
5.3.2.3.	Infraestructura hidráulica	46
5.3.3.	Aspectos sociales y económicos	47
5.3.4.	Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	48
5.3.4.1.	Asignación de recursos hídricos para el sector minero	48
5.4.	Intercuenca Alto Marañón IV	49
5.4.1.	Características generales	49
5.4.1.1.	Ubicación geográfica	49
5.4.1.2.	Precipitación	51
5.4.1.3.	Temperatura	51
5.4.1.4.	Evapotranspiración potencial	52
5.4.1.5.	Ecosistemas	53
5.4.2.	Recursos hídricos	54
5.4.2.1.	Escorrentía	54
5.4.2.2.	Aguas subterráneas	54
5.4.2.3.	Infraestructura hidráulica	55
5.4.3.	Aspectos sociales y económicos	55
5.4.4.	Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	56
5.4.4.1.	Asignación de recursos hídricos para el sector minero	56
5.5.	Intercuenca Alto Huallaga	57
5.5.1.	Características generales	57
5.5.1.1.	Ubicación geográfica	57
5.5.1.2.	Precipitación	58
5.5.1.3.	Temperatura	59
5.5.1.4.	Evapotranspiración potencial	60

5.5.1.5.	Ecosistemas	61
5.5.2.	Recursos hídricos	62
5.5.2.1.	Escorrentía	62
5.5.2.2.	Aguas subterráneas	63
5.5.2.3.	Infraestructura hidráulica	63
5.5.3.	Aspectos sociales y económicos	63
5.5.4.	Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	64
5.5.4.1.	Asignación de recursos hídricos para el sector minero	65
5.6.	Cuenca Mantaro	66
5.6.1.	Características generales	66
5.6.1.1.	Ubicación geográfica	66
5.6.1.2.	Precipitación	68
5.6.1.3.	Temperatura	68
5.6.1.4.	Evapotranspiración potencial	70
5.6.1.5.	Ecosistemas	70
5.6.2.	Recursos hídricos	71
5.6.2.1.	Escorrentía	71
5.6.2.2.	Aguas subterráneas	72
5.6.2.3.	Infraestructura hidráulica	72
5.6.3.	Aspectos sociales y económicos	73
5.6.4.	Distribución de los recursos hídricos en la cuenca	74
5.6.4.1.	Asignación de recursos hídricos para el sector minero	74
6.	Sección 2: Indicadores de riesgo hídrico	76
6.1.	Nivel de peligro a nivel de las cuencas	76
6.1.1.	Índice Estandarizado de Precipitación	76
6.1.2.	Tendencia de caudales	82
6.1.3.	Tendencia en niveles piezométricos	91
6.1.4.	Índice de Escasez Hídrico	97
6.1.4.1.	Oferta Hídrica	97
6.1.4.2.	Demanda Hídrica	98
6.1.4.3.	Cálculo del indicador	99
6.1.5.	Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales	100
6.1.6.	Emergencias hídricas	102
6.2.	Vulnerabilidad asociada a las unidades mineras	107
6.2.1.	Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios	107

6.2.2.	Relación del volumen de agua extraído en la unidad minera versus el volumen de agua asignado	109
6.2.3.	Cobertura del servicio de agua potable	110
6.3.	Análisis de Riesgo Global	113
6.3.1.	Nivel de Peligro Global	113
6.3.2.	Nivel de Vulnerabilidad Global	117
6.3.3.	Nivel de Riesgo Global	121
6.4.	Acciones de mitigación de impactos hídricos desarrollados por Buenaventura	123
7.	Resultados generales: Principales indicadores hídricos	128
8.	Conclusiones	128
9.	Recomendaciones	129
10.	Referencias bibliográficas	131
11.	Anexos	135
A.	Metodología para la estimación del riesgo hídrico en el sector minero	135
B.	Metodología para la estimación de escorrentía superficial en el ámbito de la unidad minera	150
C.	Términos técnicos utilizados	160

Relación de tablas

Tabla 1: Distribución de la oferta de agua superficial por región hidrográfica	19
Tabla 2: Unidades mineras de Buenaventura comprendidos en el estudio	22
Tabla 3: Cuenca Camaná: Parámetros geomorfológicos.....	24
Tabla 4: Cuenca Camaná: Principales ecosistemas y sus características	27
Tabla 5: Cuenca Camaná: Inventario de infraestructura hidráulica	29
Tabla 6: Cuenca Camaná: Características socio - económicas.....	30
Tabla 7: Cuenca Huaura: Parámetros geomorfológicos	32
Tabla 8: Cuenca Huaura: Principales ecosistemas y sus características	35
Tabla 9: Cuenca Huaura: Inventario de infraestructura hidráulica	38
Tabla 10: Cuenca Huaura: Características socio - económicas.....	38
Tabla 11: Cuenca Chancay - Lambayeque. Parámetros geomorfológicos	41
Tabla 12: Cuenca Chancay – Lambayeque: Principales ecosistemas y sus características	44
Tabla 13: Cuenca Chancay – Lambayeque: Inventario de infraestructura hidráulica	47
Tabla 14: Cuenca Chancay – Lambayeque: Características socio - económicas	47
Tabla 15: Intercuenca Alto Marañón IV: Parámetros geomorfológicos.....	50
Tabla 16: Intercuenca Alto Marañón IV: Principales ecosistemas y sus características.....	53
Tabla 17: Intercuenca Alto Marañón IV: Inventario de infraestructura hidráulica.....	55
Tabla 18: Intercuenca Alto Marañón IV: Características socio - económicas	55
Tabla 19: Intercuenca Alto Huallaga: Parámetros geomorfológicos	58
Tabla 20: Intercuenca Alto Huallaga: Principales ecosistemas y sus características	61
Tabla 21: Intercuenca Alto Huallaga: Inventario de infraestructura hidráulica	63
Tabla 22: Intercuenca Alto Huallaga: Características socio - económicas	64
Tabla 23: Cuenca Mantaro: Parámetros geomorfológicos	67
Tabla 24: Cuenca Mantaro: Principales ecosistemas y sus características.....	70
Tabla 25: Cuenca Mantaro: Inventario de infraestructura hidráulica.....	72
Tabla 26: Cuenca Mantaro: Características socio - económicas	73
Tabla 27: Evaluación del nivel de peligro asociado al SPI.....	81
Tabla 28: Evaluación del nivel de peligro asociado a la tendencia de caudales anuales superficiales.....	90
Tabla 29: Evaluación del nivel de peligro asociado a la tendencia del nivel piezométrico ...	97
Tabla 30: Oferta mensual de agua al 75% de persistencia (hm ³).....	97
Tabla 31: Asignaciones hídricas por cuenca (hm ³).....	98
Tabla 32: Evaluación del nivel de peligro asociado al Índice de Escasez Hídrico	100
Tabla 33: Evaluación del nivel de peligro asociado a la calidad de agua	102
Tabla 34: Evaluación del nivel de peligro asociado al porcentaje de emergencias asociadas al agua.....	106
Tabla 35: Evaluación del porcentaje de uso minero del agua versus las asignaciones hídricas con fines no agrarios por unidad minera	108
Tabla 36: Evaluación del porcentaje de extracción de agua versus las asignaciones hídricas por unidad minera.....	109
Tabla 37: Unidad minera Tambomayo. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	110
Tabla 38: Unidad minera Orcopampa. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	110

Tabla 39: Unidad minera Uchucchacua. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	111
Tabla 40: Unidad minera La Zanja. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	111
Tabla 41: Unidad minera Tantahuatay. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	111
Tabla 42: Unidad minera El Brocal. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	112
Tabla 43: Unidad minera Julcani. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable.	112
Tabla 44: Evaluación del peligro asociado al porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable.....	113
Tabla 45: Resultados del análisis de peligrosidad por unidad minera	114
Tabla 46: Resultados del análisis de vulnerabilidad por unidad minera	118
Tabla 47: Niveles de riesgo por unidad minera	122
Tabla 48: Objetivo de Desarrollo Sostenible. Metas e indicadores	123
Tabla 49: Buenas prácticas para la mitigación del riesgo hídrico (2016 – 2021).....	125

Relación de figuras

Figura 1: Perú: Ubicación del país en la región.....	18
Figura 2: Perú: Distribución de los volúmenes de agua asignados en los derechos de uso. 2023.....	20
Figura 3: Perú: Distribución de las fuentes contaminantes en los recursos hídricos. 2019..	21
Figura 4: Perú: Composición de las exportaciones mineras. 2021	22
Figura 5: Mapa de ubicación de la cuenca Camaná	23
Figura 6: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Camaná.....	25
Figura 7: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Camaná	26
Figura 8: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Camaná	26
Figura 9: Mapa de la evapotranspiración potencial de la cuenca Camaná.....	27
Figura 10: Cuenca Camaná: Caudal promedio mensual (1964-2016).....	28
Figura 11: Cuenca Camaná: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua.....	30
Figura 12: Cuenca Camaná: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros ..	31
Figura 13: Mapa de ubicación de la cuenca Huaura.....	32
Figura 14: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Huaura	33
Figura 15: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Huaura	34
Figura 16: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Huaura	34
Figura 17: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Huaura	35
Figura 18: Cuenca Huaura: Caudal promedio mensual (2001-2009)	37
Figura 19: Cuenca Huaura: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua.....	39
Figura 20: Cuenca Huaura: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros....	40
Figura 21: Mapa de ubicación de la cuenca Chancay - Lambayeque	40
Figura 22: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Chancay-Lambayeque	42
Figura 23: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Chancay-Lambayeque.....	42
Figura 24: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Chancay-Lambayeque	43
Figura 25: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Chancay Lambayeque ..	44
Figura 26: Cuenca Chancay – Lambayeque: Caudal promedio mensual (1914-2021)	46
Figura 27: Cuenca Chancay – Lambayeque: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua	48
Figura 28: Cuenca Chancay - Lambayeque: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros	49
Figura 29: Mapa de ubicación de la Intercuenca Alto Marañón IV.....	50
Figura 30: Mapa de la precipitación media anual de la Intercuenca Alto Marañón IV	51
Figura 31: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la Intercuenca Alto Marañón IV	52
Figura 32: Mapa de la temperatura media anual de la Intercuenca Alto Marañón IV	52
Figura 33: Mapa de la evapotranspiración potencial en la Intercuenca Alto Marañón IV	53
Figura 34: Intercuenca Alto Marañón IV: Caudal promedio mensual río Marañón (2014-2022)	54

Figura 35: Intercuenca Alto Marañón IV: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua	56
Figura 36: Intercuenca Alto Marañón IV: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros.....	57
Figura 37: Mapa de la precipitación media anual de la Intercuenca Alto Huallaga.....	59
Figura 38: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la Intercuenca Alto Huallaga	60
Figura 39: Mapa de la temperatura media anual de la Intercuenca Alto Huallaga	60
Figura 40: Mapa de la evapotranspiración potencial en la Intercuenca Alto Huallaga.....	61
Figura 41: Intercuenca Alto Huallaga: Caudal promedio mensual (1996-2022)	62
Figura 42: Intercuenca Alto Huallaga: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua	65
Figura 43: Intercuenca Alto Huallaga: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros.....	66
Figura 44: Mapa de ubicación de la cuenca Mantaro	67
Figura 45: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Mantaro	68
Figura 46: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Mantaro	69
Figura 47: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Mantaro.....	69
Figura 48: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Mantaro	70
Figura 49: Cuenca Mantaro: Caudal promedio mensual (1974-2023)	71
Figura 50: Cuenca Mantaro: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua.....	74
Figura 51: Cuenca Mantaro: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros ..	75
Figura 52: Unidad minera Tambomayo. Cuenca Molloco. SPI 6 meses 1981-2022	76
Figura 53: Unidad minera Orcopampa. Cuencas Chilcaimarca y Orcopampa. SPI 6 meses 1981 - 2022	77
Figura 54: Unidad minera Uchucchacua. Cuencas río Patón y San Juan de Baños. SPI 6 meses 1981 - 2022.....	77
Figura 55: Unidad minera La Zanja. Cuenca Cañad. SPI 6 meses 1981 - 2022	78
Figura 56: Unidad minera Tantahuatay. Cuencas San Juan y La Quebrada. SPI 6 meses 1981 - 2022	79
Figura 57: Unidad minera El Brocal. Cuenca San Juan. SPI 6 meses 1981 - 2022	79
Figura 58: Unidad minera Julcani. Cuenca Huachocolpa. SPI 6 meses 1981 - 2022.....	80
Figura 59: Número de sequías ocurridas según SPI-6 meses por unidad minera (1981-2020)	81
Figura 60: Unidad minera Tambomayo. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)	82
Figura 61: Unidad minera Orcopampa. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	83
Figura 62: Unidad minera Orcopampa. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	84
Figura 63: Unidad minera Uchucchacua. Zona suroeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	85
Figura 64: Unidad minera Uchucchacua. Zona noreste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	85
Figura 65: Unidad minera La Zanja. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)	86

Figura 66: Unidad minera La Zanja. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)	86
Figura 67: Unidad minera Tantahuatay. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	87
Figura 68: Unidad minera Tantahuatay. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20).....	87
Figura 69: Unidad minera Brocal. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)	88
Figura 70: Unidad minera Brocal. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)	89
Figura 71: Unidad minera Julcani. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 – 2019/20)	89
Figura 72: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BH03. Tendencia del nivel piezométrico	91
Figura 73: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BI03. Tendencia del nivel piezométrico	91
Figura 74: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BH03. Tendencia del nivel piezométrico	92
Figura 75: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro PZ07. Tendencia del nivel piezométrico	92
Figura 76: Unidad minera Uchucchacua. Piezómetro HG05. Tendencia del nivel piezométrico	93
Figura 77: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro PZ14. Tendencia del nivel piezométrico	94
Figura 78: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro S4. Tendencia del nivel piezométrico.	94
Figura 79: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro S6. Tendencia del nivel piezométrico.	94
Figura 80: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PMH1. Tendencia del nivel piezométrico.	95
Figura 81: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PMH2. Tendencia del nivel piezométrico.	95
Figura 82: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PZ50407. Tendencia del nivel piezométrico	96
Figura 83: Resultados del indicador IEH por unidad minera y cuenca	99
Figura 84: Unidad minera Tambomayo. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	103
Figura 85: Unidad minera Orcopampa. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	103
Figura 86: Unidad minera Uchucchacua. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20).....	104
Figura 87: Unidad minera La Zanja. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	104
Figura 88: Unidad minera Tantahuatay. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	105
Figura 89: Unidad minera El Brocal. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	105
Figura 90: Unidad minera Julcani. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)	106
Figura 91: Evaluación del porcentaje de emergencias asociadas al agua	107
Figura 92: Relación del uso minero del agua versus las asignaciones hídricas con fines no agrarios por unidad minera.....	108

Figura 93: Relación entre el volumen extraído y las asignaciones hídricas otorgadas a las unidades mineras	109
Figura 94: Brecha del servicio de agua potable en el área de influencia de las unidades mineras.....	113
Figura 95: Unidad minera Tambomayo. Resultado de los indicadores de peligro	114
Figura 96: Unidad minera Orcopampa. Resultado de los indicadores de peligro	115
Figura 97: Unidad minera Uchucchacua (Patón). Resultado de los indicadores de peligro.....	115
Figura 98: Unidad minera Uchucchacua (San Juan de Baños). Resultado de los indicadores de peligro.....	115
Figura 99: Unidad minera La Zanja. Resultado de los indicadores de peligro	116
Figura 100: Unidad minera Tantahuatay (San Juan). Resultado de los indicadores de peligro	116
Figura 101: Unidad minera Tantahuatay (La Quebrada). Resultado de los indicadores de peligro.....	116
Figura 102: Unidad minera El Brocal. Resultado de los indicadores de peligro	117
Figura 103: Unidad minera Julcani. Resultado de los indicadores de peligro.....	117
Figura 104: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tambomayo	118
Figura 105: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Orcopampa	119
Figura 106: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Uchucchacua (Patón).....	119
Figura 107: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Uchucchacua (San Juan de Baños)	119
Figura 108: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera La Zanja	120
Figura 109: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tantahuatay (San Juan).....	120
Figura 110: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tantahuatay (La Quebrada).....	120
Figura 111: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera El Brocal.....	121
Figura 112: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Julcani	121

Resumen

El presente estudio ha sido realizado por HÍDRIKA S.A.C. por encargo de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (Buenaventura), para estimar el nivel de riesgo asociado a los recursos hídricos correspondientes a siete (7) unidades mineras de Buenaventura ubicadas en seis (6) unidades hidrográficas. Las preguntas que responde este estudio son: ¿Cuál es el nivel de riesgo hídrico para las unidades mineras? y ¿Qué políticas y estrategias debe desarrollar la empresa para lograr la sostenibilidad de sus actividades?

En las unidades hidrográficas analizadas por el estudio, el principal usuario de agua es el sector agrario, con 83 % del total de recursos hídricos asignados en derechos de uso de agua. Le sigue el uso poblacional con 11,2 %, en tercer lugar el uso industrial con 2,5 % y en cuarto lugar el uso minero, con 2,3 %.

El estudio ha realizado un levantamiento de indicadores relacionados a agua, que incluyen los estados de uso y disponibilidad de agua en el territorio (cuenca), así como un análisis de los usos de las unidades mineras. La información base se obtuvo de registros oficiales, así mismo, se consultó información provista por Buenaventura. Adicionalmente, se ha incluido datos sobre la extracción de los principales usos de agua, proporcionada por la empresa. Toda información ha sido gestionada de manera reservada, según las condiciones definidas por Buenaventura.

El estudio formula una estimación del nivel de riesgo hídrico para Buenaventura. Para este propósito se analizaron las características hidrológicas de seis (6) unidades hidrográficas donde se ubican las unidades mineras de la empresa. El nivel de peligro de las fuentes de agua en estas cuencas se analiza sobre la base de seis (06) indicadores que definen el estado y las presiones sobre las principales fuentes de agua; la vulnerabilidad de la actividad minera se analiza empleando tres (03) indicadores que definen las condiciones para afrontar la peligrosidad en cada ámbito hidrográfico. La combinación del nivel de peligro y la vulnerabilidad define el "Riesgo Hídrico", respecto al cual, se plantean recomendaciones hacia la empresa, orientadas a la sostenibilidad de sus principales actividades.

En la primera sección (Sección 1: Análisis hídrico general) se aborda una descripción general de las seis unidades hidrográficas donde se ubican las unidades mineras de Buenaventura: Camaná, Huaura, Chancay - Lambayeque, Intercuenca Alto Marañón IV, Intercuenca Alto Huallaga y Mantaro. Para cada caso se describe su climatología, (temperatura, precipitación y evapotranspiración), hidrología, aspectos socioeconómicos, usos de agua, estadísticas sobre infraestructura hidráulica más importante, de acuerdo con registros administrativos de la Autoridad Nacional del Agua, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y el Instituto Nacional de Estadística e Informática. Esta sección también incluye un análisis del uso de agua, con énfasis en el sector minero.

En la segunda sección (Sección 2: Indicadores de riesgo hídrico), se presentan los resultados de los seis indicadores que buscan caracterizar el nivel de peligro relacionados a las fuentes de agua a nivel de unidades hidrográficas de las unidades mineras. Este conjunto de estadísticos abarca aspectos asociados a la ausencia de precipitación (sequías), las tendencias de la oferta hídrica superficial y subterránea, las demandas de agua, la calidad y

la incidencia de las emergencias hídricas en el territorio. Se formula una estimación del nivel de peligro global, a través de la integración de estos indicadores, ponderados de acuerdo con el sector. Seguidamente, se presentan los resultados de los tres indicadores que caracterizan la vulnerabilidad de las unidades mineras. Este set de indicadores incluye el porcentaje de participación en derechos de uso de agua minero respecto de otros usos con fines no agrarios, la disponibilidad de agua remanente en derechos otorgados (extracción vs. derechos) y la brecha del servicio de agua potable.

Las estadísticas obtenidas gracias al estudio son:

- Las unidades mineras se ubican en seis grandes unidades hidrográficas, las mismas que concentran una oferta hídrica anual de 75 697 hm³, lo que corresponde al 3,1% de la oferta nacional por año.
- A nivel general, en las cuencas analizadas las asignaciones hídricas indicadas en los derechos de uso de agua para fines mineros alcanzan los 80,4 hm³ y representan el 2,3% del total de los usos consuntivos de agua en dichos ámbitos geográficos.
- Los recursos hídricos asignados en los derechos de uso de agua evaluados en siete (7) unidades mineras alcanzan el valor 601,8 hm³, para usos de tipo minero, doméstico y energético.
- En la cuenca Mantaro se concentra más del 80% del volumen total de agua asignado en los derechos otorgados para Buenaventura.
- Entre el 2018 y 2022, las siete (7) unidades mineras reportaron una extracción promedio anual de 193,1 hm³.
- La proporción entre los recursos hídricos extraídos y las asignaciones hídricas de los derechos de uso de agua de las siete (7) unidades mineras alcanza el 37 %.
- El índice de escasez hídrico para las unidades hidrográficas analizadas y de influencia directa de las unidades mineras se estima en 20 %, lo cual significa una presión media sobre los recursos hídricos.

El mayor nivel de riesgo (moderado) se obtuvo en la unidad minera La Zanja, donde tanto la peligrosidad y vulnerabilidad alcanzaron el nivel moderado. Seguidamente, pero en un nivel de riesgo menor, resultó la unidad minera Tantahuatay, en la unidad hidrográfica San Juan de Baños, cuenca Chancay - Lambayeque.

En relación con los peligros analizados, los mayores niveles de peligrosidad (moderado) se presentan en las subcuencas correspondientes a las unidades mineras La Zanja y Tantahuatay. Estas unidades hidrográficas presentan altos resultados en cuanto de los indicadores: Índice Estandarizados de Precipitación 6 y Emergencias Hídricas. En un nivel de peligro bajo, se clasifican las subcuencas de influencia de las unidades mineras Tambomayo, El Brocal, Uchucchacua, Julcani y Orcopampa.

En relación con los niveles de vulnerabilidad, en un nivel moderado se clasifican las unidades mineras Tambomayo, Orcopampa, Uchucchacua (Alto Huallaga), Tantahuatay (Chancay - Lambayeque), La Zanja y Julcani. Por último, en un nivel de vulnerabilidad baja, se clasifican las unidades mineras Uchucchacua, (Huaura), Tantahuatay (Alto Marañón IV) y El Brocal (Mantaro).

Finalmente, se puede afirmar que la data analizada permite identificar los puntos claves que Buenaventura debiera abordar de forma preventiva para la gestión de riesgos asociados a los recursos hídricos. Los resultados refuerzan la necesidad de una política que promueva la gobernanza y planificación hídrica, la implementación de prácticas de reúso de agua, el incremento de la eficiencia hídrica e inversión local para el manejo de los recursos hídricos de los otros actores en las unidades hidrográficas analizadas. Estas acciones pueden tener un impacto significativo en la reducción del riesgo hacia el futuro y el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en el sector.

1. Introducción

El Foro Económico Mundial identifica a las crisis hídricas como uno de los cinco riesgos globales más importantes en la última década (FEM, 2021). El agua es un elemento motor en los peligros hidrometeorológicos, tales como sequías, retroceso glaciar, inundaciones y deslizamientos, los cuales pueden agudizarse debido al cambio climático (IPCC, 2021). Estos eventos afectan a las poblaciones y la sostenibilidad de las actividades económicas de un país.

El uso sostenible del agua es uno de los objetivos más importantes de las sociedades. Asegurar los servicios de saneamiento, mejorar la calidad del agua, aumentar la eficiencia en el uso de agua, garantizar la sostenibilidad en la extracción de agua dulce e implementar la gestión integrada de recursos hídricos son algunas de las metas planteadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) hasta el año 2030.

En Perú, los recursos hídricos tienen una distribución heterogénea, en términos geográficos y temporales. Esta característica define situaciones de escasez, que muchas veces se agravan por la contaminación y el mal uso generados por la población y los sectores económicos. Esta problemática se expresa en situaciones de desabastecimiento, pérdida de fuentes de agua, conflictos por el uso de agua y pobreza.

Los estudios sobre el riesgo asociados a los recursos hídricos en el país son recientes. Los análisis están enfocados en la ocurrencia de eventos extremos hidrológicos, o las variaciones que pueden generarse por efecto del cambio climático. En el 2015, López formuló un análisis general del riesgo hídrico que afronta el sector minero, identificando la necesidad de formular estudios de vulnerabilidad ante escenarios de déficit hídrico asociados al cambio climático.

En el 2021, la minería representó el 11,6 % del PBI global, correspondiendo con una de las actividades económicas más importantes del país. En tal sentido, se hacen necesarias nuevas evaluaciones que permitan estimar el nivel de riesgo hídrico de este rubro a nivel nacional, el mismo que es uno de los más significativos dentro de los usos de agua¹. Esta información sumará a la seguridad hídrica del país, y por tanto a la definición de una estrategia para la resiliencia de los actores económicos.

El presente informe es una evaluación encargada por Compañía de Minas Buenaventura (Buenaventura), con el propósito de brindar a sus unidades mineras información que consoliden sus políticas de sostenibilidad en recursos hídricos e impulsen una adecuada gobernanza del agua entre sus colaboradores, proveedores y aliados. El estudio comprende un análisis general a nivel de unidades hidrográficas de las condiciones para el uso de agua en la producción minera y la presentación de indicadores que expresan el nivel de riesgo de este sector.

¹ El uso minero del agua significa aproximadamente el 2,4% de las asignaciones de agua entregadas por la Autoridad Nacional del Agua a febrero del 2023. Es el cuarto uso más importante en términos volumétricos.

2. Objetivo

El objetivo del presente estudio es estimar el nivel de riesgo asociado a los recursos hídricos a nivel de siete unidades mineras de Buenaventura, a través del análisis de información hidrológica y registros administrativos consultados en medios oficiales, con el propósito de orientar el diseño de medidas y políticas enfocadas en la sostenibilidad de Buenaventura.

3. Metodología general

La presente metodología establece un modelo conceptual para la estimación del riesgo asociado a los recursos hídricos para siete unidades mineras de Buenaventura. Se sustenta sobre la base de indicadores o estadísticos del peligro y vulnerabilidad y toma como referencia los esquemas metodológicos planteados por Fundación Chile en el estudio: “Radiografía del Agua. Brecha y Riesgo Hídrico en Chile”, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

Asimismo, el método se ajusta a la disponibilidad de datos proporcionados por la empresa y los generados por la Autoridad Nacional del Agua, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y el Instituto Nacional de Defensa Civil, entidades competentes en recursos hídricos y gestión de riesgos de desastres y emergencias en el país.

La estimación del riesgo se plantea sobre un análisis de dos variables: **peligrosidad y vulnerabilidad**. Para fines del presente estudio, la peligrosidad ha sido definida como la suma ponderada de seis indicadores, asociados al estado de la oferta de agua, las presiones que existen sobre las fuentes de agua, el grado de respuesta ante la ocurrencia de riesgos y la calidad del agua. Estas estadísticas se definieron sobre las referencias metodológicas señaladas en el párrafo previo y en la disponibilidad y consistencia de datos para las cuencas en estudio.

Los indicadores de **peligrosidad** utilizados son:

- i. Índice estandarizado de precipitación (SPI por sus siglas en inglés)
- ii. Tendencia de caudales (TC)
- iii. Tendencia de niveles piezométricos (TNP)
- iv. Índice de escasez hídrico (IEH)
- v. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)
- vi. Emergencias hídricas (EH)

Por otro lado, la **vulnerabilidad** ha sido descrita considerando el nivel de competencia con otros usos, el porcentaje de uso de las asignaciones hídricas potenciales otorgados por la ANA y la cobertura de saneamiento en los distritos donde se ubican las unidades mineras. Los indicadores de vulnerabilidad utilizados son:

- i. Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos (RUA)
- ii. Relación del volumen de agua extraído versus el volumen de agua asignado (RUD)
- iii. Cobertura del servicio de agua potable (CSAP)

La estimación del riesgo se obtiene multiplicando los resultados obtenidos en la evaluación de cada indicador de peligrosidad y vulnerabilidad. Adicionalmente, se considera un coeficiente específico (k_i) para cada una de estas variables (Hofste *et al.*, 2019).

De esta manera, el modelo queda expresado de la forma siguiente:

$$\text{Nivel de riesgo} = [k_1.SPI + k_2.TC + k_3.TNP + k_4.IEH + k_5.ICA + k_6.EH] \times [k_7.RUA + k_8.RUD + k_9.CSAP]$$

Donde los valores de k_i se muestran a continuación:

Tabla 15: Asignación del valor del coeficiente para cada indicador

Indicador	Sigla	Coficiente (k)
Índice estandarizado de precipitación	SPI	4
Tendencia de caudales	TC	1
Tendencia de niveles piezométricos	TNP	2
Índice de escasez hídrico	IEH	2
Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales	ICARHS	0,5
Emergencias hídricas	EH	4
Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios	RUA	1
Relación del volumen de agua extraído en la unidad minera versus el volumen de agua asignado	RUD	1
Cobertura del servicio de agua potable	CSAP	1

El detalle de la metodología aplicada se presenta en el anexo A.

4. Contexto del estudio

4.1. Recursos hídricos nacionales

Perú se ubica en la región centro-occidental de América del Sur, entre las coordenadas 0°1'28" a 18°21'08" latitud sur y 68°39'27" a 81°19'35" longitud oeste, extendiéndose por una superficie de 1 285 215,6 km². (Ver figura 1). El país es atravesado por la cordillera de los Andes en sentido norte - sur, definiendo un territorio de relieve accidentado y de fuertes pendientes en la parte central y más llano en los flancos occidentales y orientales, este último ocupado por el bosque amazónico.

Figura 1: Perú: Ubicación del país en la región



El clima está influenciado por diversos sistemas oceanográficos y atmosféricos regionales. Entre los más importantes destacan las corrientes oceánicas de Humboldt y El Niño, la Zona de Convergencia Intertropical, el Anticiclón del Pacífico Sur, el Sistema de Alta Presión de Bolivia, los Vientos Alisios o Amazónicos y las corrientes de vientos provenientes del norte y sur de la región, que arrastran un alto contenido de humedad. Estos sistemas interactúan con la complejidad orográfica, generando hasta 38 tipos de climas en el país (Senamhi, 2021).

En general, el clima está asociado a tres regiones geográficas naturales: costa, sierra y selva. En la costa (altitud máxima de 500 m s.n.m.) el clima es árido y templado, caracterizado por las temperaturas moderadas e influenciado por la corriente oceánica de Humboldt. En la sierra, el clima es lluvioso, frío y glacial en algunas zonas, influenciado por la cordillera de los Andes. En la selva el clima es clasificado entre cálido y lluvioso (Senamhi, 2021), con temperaturas que fluctúan entre los 22°C y 26°C y caracterizado por el bosque amazónico.

En la mayor parte del territorio, la temperatura presenta sus valores máximos entre los meses de septiembre y marzo. Del mismo modo, las precipitaciones muestran sus extremos entre noviembre y marzo, con máximos en enero y mínimos entre julio y septiembre. El régimen hidrológico depende principalmente de las lluvias

estacionales, razón por la cual la mayoría de los ríos muestra un comportamiento unimodal².

Hidrográficamente se han definido tres regiones: Pacífico, Amazonas y Titicaca, las cuales están conformadas por 159 unidades hidrográficas o cuencas, territorios donde se desarrolla el ciclo hidrológico y se dan los diferentes usos de agua. Se estima que la oferta hídrica superficial anual promedio llega a 2 484 078 hm³, siendo una de las más altas del continente. La mayor parte (97%) se concentra en la región hidrográfica Amazonas. El detalle de esta distribución se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1: Distribución de la oferta de agua superficial por región hidrográfica

Región hidrográfica	Número de unidades hidrográficas	Superficie		Población		Recursos hídricos	
		(km ²)	(%)	miles	(%)	(hm ³)	(%)
Pacífico	62	278 482,4	21,7	20 273	64,9	39 014	2
Amazonas	84	957 822,5	74,5	9 871	31,6	2 438 223	97
Titicaca	13	48 910,6	3,8	1 093	3,5	6 841	1
Total	159	1 285 216,2	100,0	31 237	100,0	2 484 078	100

Fuente: ANA, 2015a.

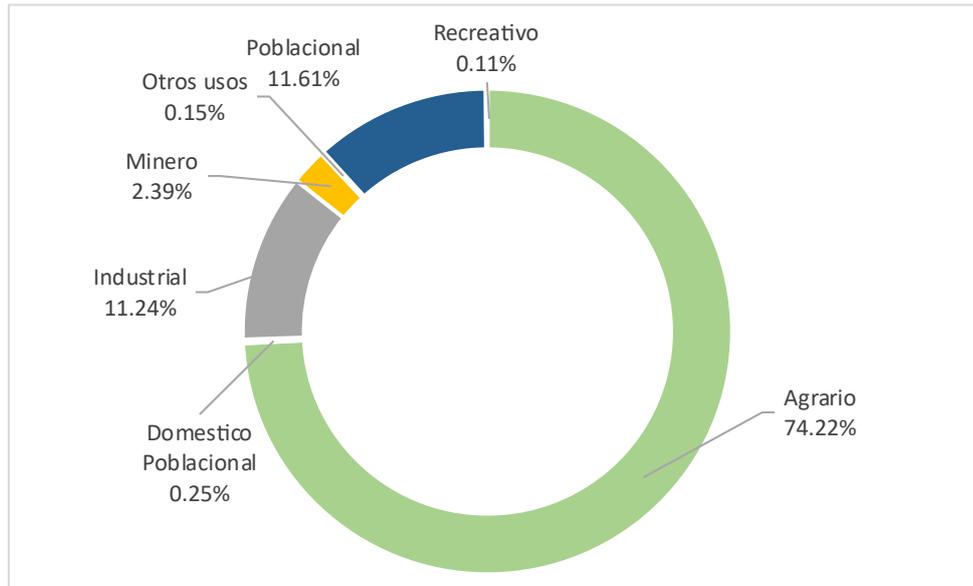
En cuanto a las aguas subterráneas, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Instituto Nacional de Geología, Minería y Metalurgia (Ingemmet) han desarrollado estudios específicos en acuíferos a nivel de cuencas. Gracias a esta información se puede encontrar que en el país la hidrogeología es variada, presentándose desde formaciones kársticas (norte y nororiente), estratos de areniscas, calizas y lavas (centro), rocas volcánicas y sedimentarias (sur) y rocas permeables ubicadas en los valles y cauces de agua. Se han inventariado un total de 4 641 fuentes de agua subterránea (INGEMMET, 2016), la mayor parte identificada en la región hidrográfica del Pacífico, calculando una reserva explotable anual de 2 700 hm³.

Por otro lado, considerando las estadísticas del 2023 de la ANA, las demandas formales de agua más importantes en términos consuntivos provienen del sector agrario (74%), seguido del abastecimiento de las poblaciones en ciudades y centros poblados (11,8%). En un siguiente orden se identifican a las industrias (11%) y la minería (2,4%). Los consumos se concentran mayormente en la región hidrográfica del Pacífico, donde se ubican las ciudades e industrias más importantes y la mayor parte de área bajo riego. En relación con los usos no consuntivos, el más importante es el energético, desarrollándose principalmente en la región hidrográfica Amazonas. La distribución por tipo de uso³ consuntivos se muestra en el gráfico siguiente:

² Se refiere a una curva con un solo periodo de valores máximos en el año.

³ La Ley de Recursos Hídricos establece en los artículos 35° y 43° las clases y tipos de usos de agua respectivamente. Entre las clases se señalan: 1) Uso primario; 2) Uso poblacional; y 3) Uso productivo. Con relación a los usos productivos, se identifican los siguientes tipos de uso: 1) Agrario; 2) Acuícola y pesquero; 3) Energético; 4) Industrial; 5) Medicinal; 6) Minero; 7) Recreativo; 8) Turístico; y 9)

Figura 2: Perú: Distribución de los volúmenes de agua asignados en los derechos de uso. 2023.



Fuente: ANA, 2023

Con relación a la calidad de las aguas, se puede afirmar que el territorio es diverso en cuanto a formaciones geológicas, las mismas que influyen en la calidad de las fuentes hídricas. Asimismo, que en el país se han definido estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua)⁴ para las principales fuentes hídricas y de acuerdo con cuatro categorías:

- Poblacional y Recreacional;
- Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales;
- Riego de vegetales y bebida de animales
- Conservación del ambiente acuático

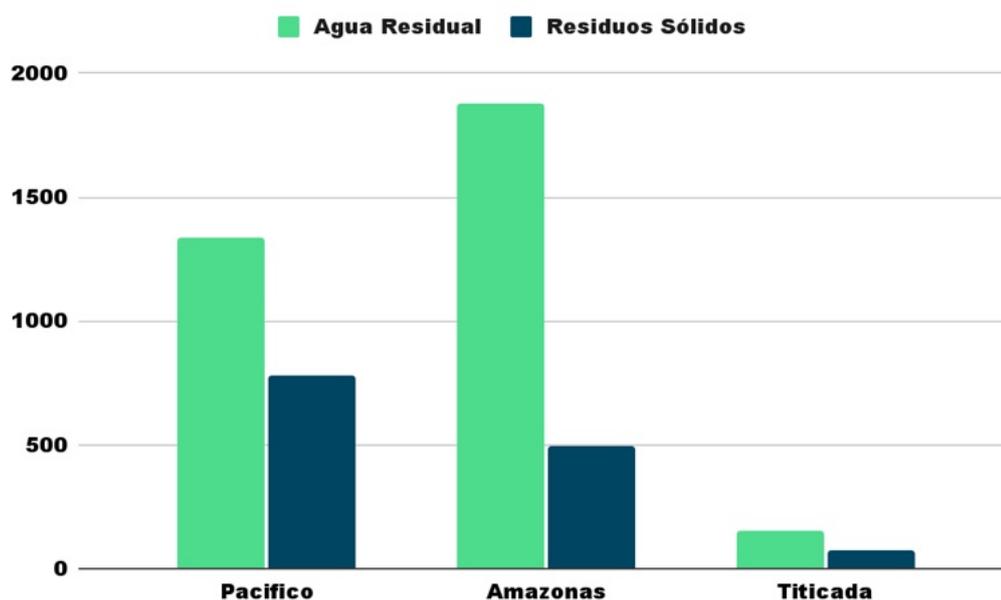
Considerando estos estándares, y de acuerdo con los monitoreos realizados por la ANA, al 2014 se tenía evidencia que en 41 unidades hidrográficas se superan los límites⁵ en variables como potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, coliformes termo tolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, arsénico, mercurio, cadmio, plomo y hierro (ANA, 2016), debido a causas de tipo antropogénicas y naturales. En el 2017, la ANA identificó 4 708 fuentes contaminantes, de las cuales 3 364 son vertimientos de agua residual no tratada y 1 344 corresponden a la disposición inadecuada de residuos sólidos (ANA, 2019a), tal como se describe en el siguiente gráfico.

Transporte. Para efectos del presente análisis se considerará las clases: uso poblacional y uso productivo y sus tipos.

⁴ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

⁵ Respecto a los estándares de calidad ambiental vigente en ese año.

Figura 3: Perú: Distribución de las fuentes contaminantes en los recursos hídricos. 2019.



Fuente: ANA, 2019a

Por otro lado, otro factor asociado al contexto hídrico está referido a la frecuencia de emergencias y desastres. En el país, un número importante de los riesgos tienen un origen hidrometeorológico. En el periodo 2003-19 se registraron 22603 lluvias intensas, seguidas de 5285 inundaciones, 2021 huaicos y 1918 sequías. Estos eventos significaron más del 36% del total de emergencias de ese año (INDECI, 2020). Sumado a ello, periódicamente las poblaciones son afectadas por el Fenómeno de El Niño⁶, caracterizado por lluvias intensas, particularmente en la costa norte. Los eventos de los años 1982-83, 1997-98 y 2016-17 generaron en promedio pérdidas superiores a los US\$ 3 000 millones a la economía nacional.

4.2. Sector minero

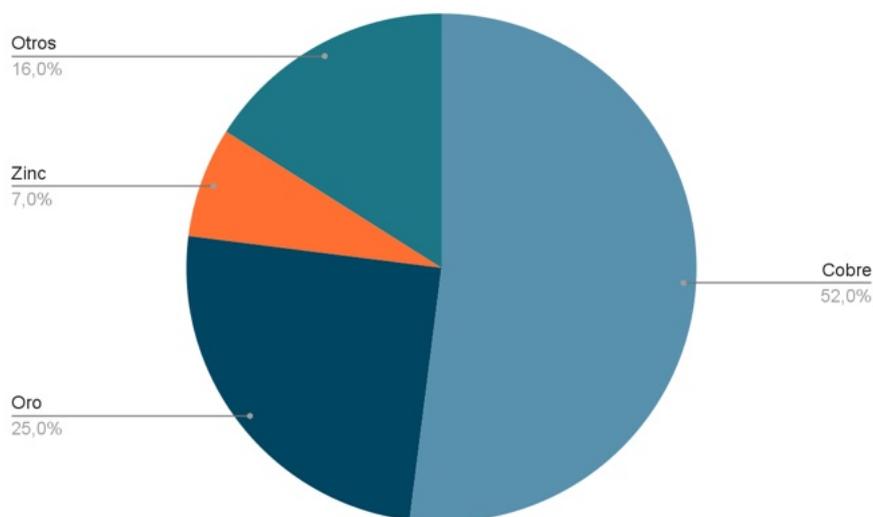
La producción minera conforma uno de los sectores extractores más importantes en el país. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), al 2021 este sector generó un impacto directo de S/ 100,8 miles de millones, lo que corresponde con 11,6% del PBI global.

En términos de impacto económico local, en el 2021 el sector generó más de S/ 6 600 millones como transferencias a las regiones por concepto de canon minero, regalías y derechos de vigencia y penalidad - la cifra más alta desde el 2012. Las regiones más beneficiadas con estos recursos económicos fueron: Áncash, Arequipa, Tacna, Ica, Cusco, Moquegua, Moquegua y Cajamarca. Es preciso indicar que el departamento de Áncash concentró el 22% de las transferencias por este concepto.

⁶ El Fenómeno de El Niño se define como un evento relacionado con el calentamiento del Pacífico oriental ecuatorial y que genera precipitaciones en la costa norte del país.

A finales del 2021, se registraron 661 unidades mineras en producción y 387 en exploración. En ese año, las exportaciones mineras metálicas llegaron a los 39 637 millones de dólares. Los productos más importantes fueron cobre (52%), oro (25%) y zinc (7%).

Figura 4: Perú: Composición de las exportaciones mineras. 2021



Fuente: MINEM, 2021

En el ranking de inversiones mineras del 2021, Buenaventura ocupa el puesto 13, con un monto de S/ 63 276 405, valor superior al año anterior en un 15,8%. (MINEM, 2021). Sus operaciones se concentran en los departamentos de Moquegua, Arequipa, Lima, Lambayeque, Cajamarca, Pasco y Huancavelica. Las unidades mineras consideradas en el estudio, según su ubicación hidrográfica, se detallan a continuación:

Tabla 2: Unidades mineras de Buenaventura comprendidos en el estudio

Unidad minera	Unidad hidrográfica
Tambomayo	Camaná
Orcopampa	Camaná
Uchucchacua	Huaura
	Alto Huallaga
La Zanja	Chancay – Lambayeque
Tantahuatay	Chancay - Lambayeque
	Alto Marañón IV
El Brocal	Mantaro
Julcani	Mantaro

5. Sección 1: Análisis hídrico general

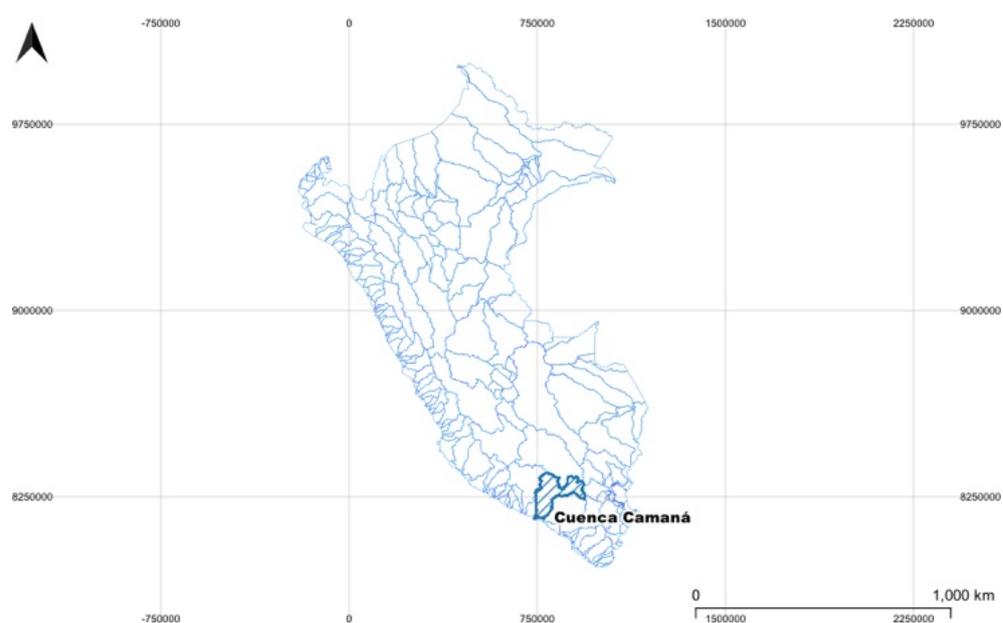
5.1. Cuenca Camaná

5.1.1. Características generales

5.1.1.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Camaná se encuentra entre los paralelos $14^{\circ}56'$ y $16^{\circ}38'$ de latitud sur, $70^{\circ}54'$ y $72^{\circ}44'$ de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 6 398 m s.n.m. Se ubica políticamente entre los departamentos de Arequipa, (provincias de Camaná, Castilla, Caylloma, Condesuyos y La Unión), Cusco (provincia de Espinar) y Puno (provincia de Lampa).

Figura 5: Mapa de ubicación de la cuenca Camaná



En esta unidad hidrográfica se localizan las unidades mineras Tambomayo y Orcopampa. La primera en la unidad hidrográfica Molloco, que comprende a la cuenca Uciamayo, en los distritos de: Cabanaconde, Madrigal, Lari, Tapay, Caylloma (provincia de Caylloma), Choco y Chachas (provincia de Castilla) del departamento de Arequipa.

Y la segunda, en las unidades hidrográficas Chilcainmarca y Orcopampa, incluidas en la cuenca Andahua, en los distritos de: Cayrini (provincia de Condesuyo), Chilcaymarca, Orcopampa y Chachas (provincia de Castilla) del departamento de Arequipa.

Las características geomorfológicas de la cuenca que definen la hidrología local se muestran a continuación:

Tabla 3: Cuenca Camaná: Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	17 050,0
Perímetro	km	1 089,64
Longitud cauce principal	km	412,57
Pendiente media cauce principal	Adimensional	0,015
Ancho promedio	km	41,33
Coefficiente de compacidad	Adimensional	2,35
Rectángulo equivalente - L	km	511,49
Rectángulo equivalente - l	km	33,33
Tiempo de concentración	min	2 292,0

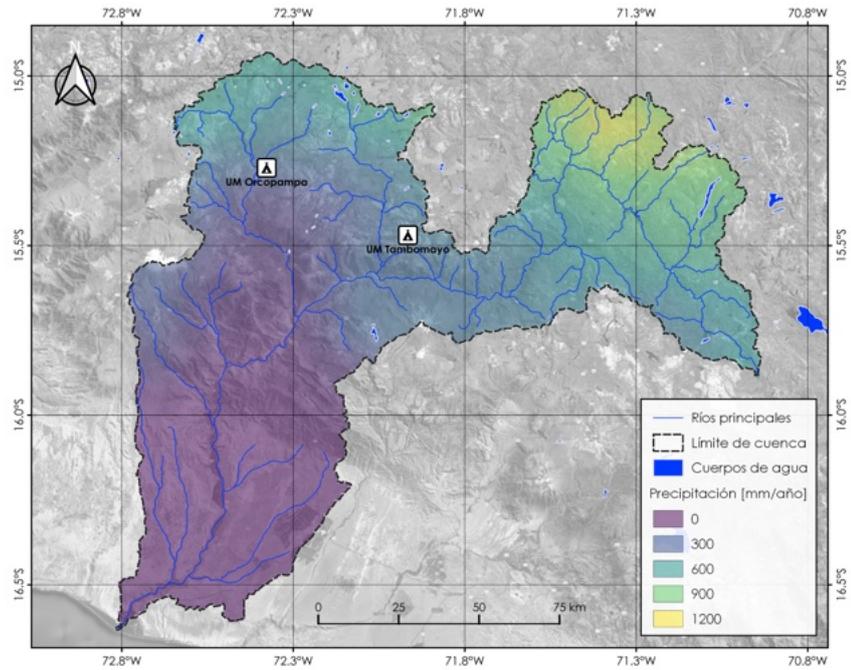
Fuente: ANA, 2023

El relieve de la cuenca se caracteriza por una hoya hidrográfica alargada, de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes. Las unidades fisiográficas de la cuenca predominantes son las colinas y vertientes montañosas empinadas a escarpadas de costa, seguida de formaciones tipo planicie – valle y llanura irrigada.

5.1.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la cuenca oscila entre 2 mm/mes y 92 mm/mes. Presentan un comportamiento estacional marcado, con mayores tasas de precipitación en febrero y menos tasas en junio. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal positivo de la precipitación media anual, siendo esta de mayor magnitud (1 200 mm/año) en la cuenca alta (sector este) y mucho menor (0.5 - 150 mm/año) hacia la costa (sector oeste).

Figura 6: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Camaná

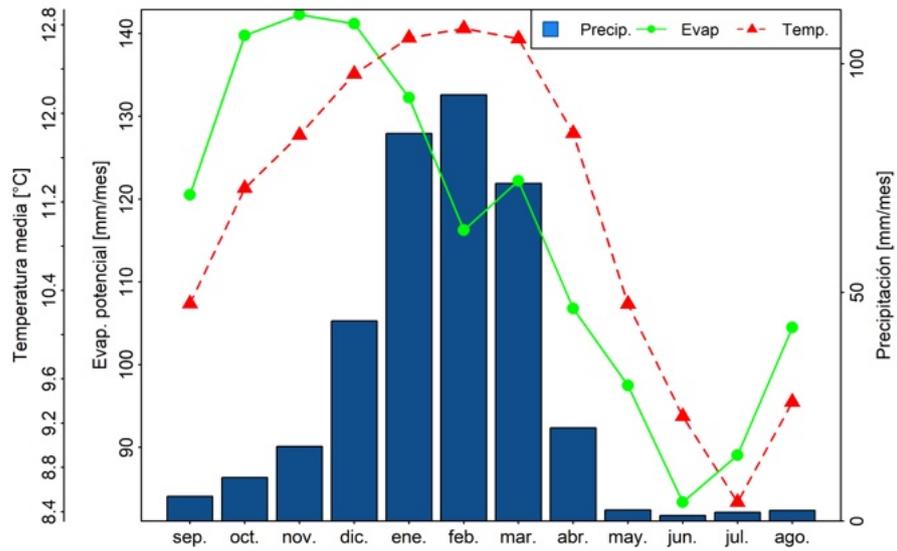


Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.1.1.3. Temperatura

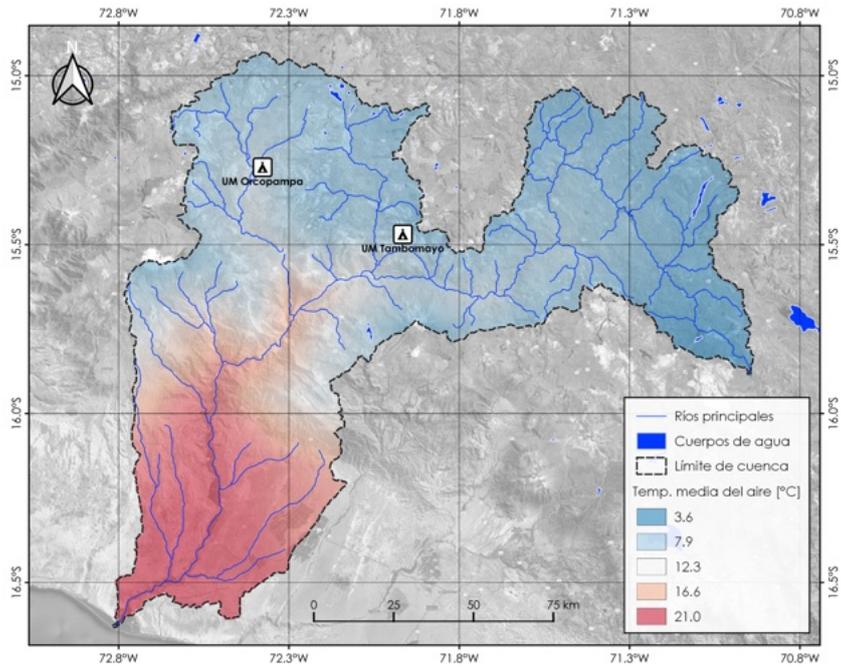
La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 8.4 °C y 12.8°C. Se observa un comportamiento estacional con mediana variabilidad, siendo febrero el mes más cálido y julio el más frío. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de menor magnitud (3.6 °C) en la cuenca alta (sector este) y mucho mayor (21 °C) hacia la costa (sector oeste).

Figura 7: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Camaná



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

Figura 8: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Camaná



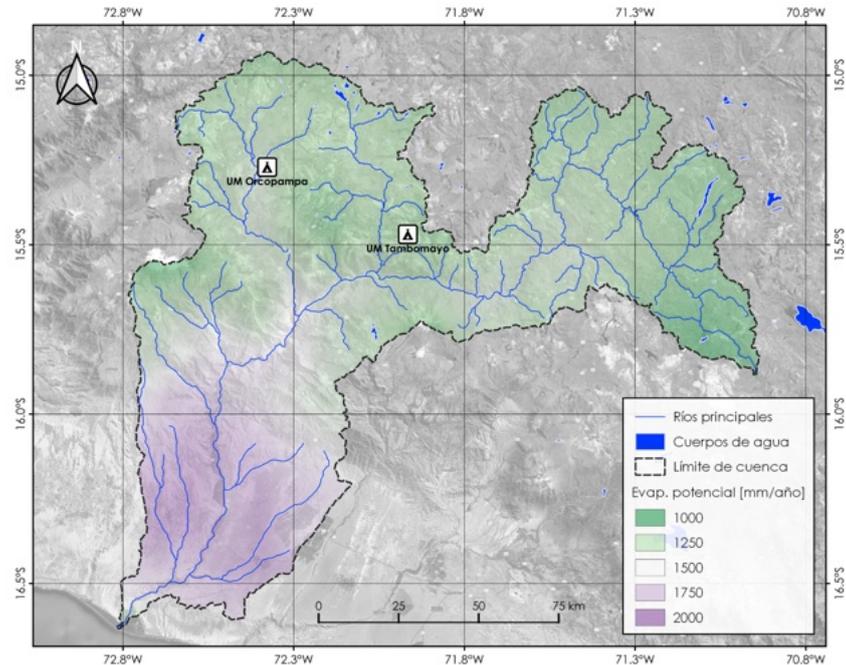
Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.1.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 92 mm/mes y 142 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían en los meses de octubre a diciembre. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el

método de Hargreaves-Samani) sigue un comportamiento similar a la temperatura media del aire, siendo mayor (2000 mm/año) en la cuenca baja y menor (1000 mm/año) en la cuenca alta

Figura 9: Mapa de la evapotranspiración potencial de la cuenca Camaná



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.1.1.5. Ecosistemas

En la cuenca se considera la existencia de 6 formaciones ecológicas o formas de vida y que corresponden a las áreas cultivadas en la cuenca. El detalle de estas se muestra a continuación:

Tabla 4: Cuenca Camaná: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Desierto Subtropical	0 - 2200	8 - 150	19
Desierto Montano Bajo	1700 - 2200	80 - 150	15
Matorral Desértico Montano Bajo	2200 - 3500	150 - 250	14,5
Estepa Montano	3100 - 3900	250 - 550	9,5
Páramo Húmedo Subalpino	3900 - 4800	550 - 750	5,0
Tundra Pluvial Alpino	4800 - 5000	800	Menor a 0,0

Fuente: ONERN, 1976.

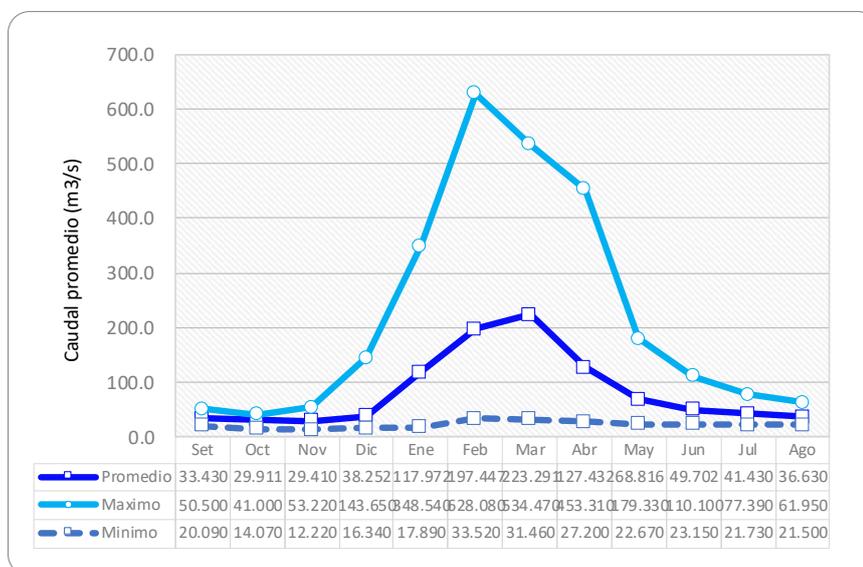
5.1.2. Recursos hídricos

5.1.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Huatiapa para el periodo 1964-2016. Esta estación se ubica en la cuenca media-baja y permite estimar el escurrimiento de la cuenca húmeda.

La cuenca del río Camaná presenta una variación estacional de caudales de tipo unimodal, siendo los meses de avenidas entre enero a abril y los meses de estiaje entre mayo y diciembre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (septiembre-agosto) oscilan entre 29,4 y 223,3 m³/s. Para el periodo analizado, en años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 628,1 m³/s (12,2 m³/s).

Figura 10: Cuenca Camaná: Caudal promedio mensual (1964-2016)



Fuente: ANA, 2023

5.1.2.2. Aguas subterráneas

En la cuenca existen formaciones con capacidades diversas para almacenar y transmitir agua, desde el punto de vista hidrogeológico. Entre las principales formaciones distinguen: acuíferos detríticos no consolidados, acuíferos fisurado sedimentario, acuífero sedimentario, acuífero sedimentario, acuífero volcánico, acuífero y manantiales, dentro de los cuales se han identificado 455 fuentes de agua. (ANA, 2015b).

5.1.2.3. Infraestructura hidráulica

En la cuenca del río Camaná se cuenta con infraestructura hidráulica mayor; es decir, con estructuras que por su construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor magnitud, complejidad e importancia. En esta clasificación destacan los reservorios de:

- El Pañe
- Bamputañe
- Dique Los Españoles
- Condorama.

Estas estructuras forman parte de los sistemas regulados de las cuencas Chili y Colca. Las obras de regulación permiten un almacenamiento útil de hasta 433 hm³.

Por otro lado, la mayor cantidad de estructuras registradas corresponden a bocatomas, canales laterales, canales de derivación y reservorios. El detalle de la infraestructura hidráulica menor se muestra a continuación:

Tabla 5: Cuenca Camaná: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	903
Canales de Derivación	810
Canales Laterales	2137
Obras de arte	4
Reservorios	44
Total	3 898

Fuente: ANA 2023

5.1.2.4. Aspectos sociales y económicos

La población en la cuenca alcanza los 170 998 habitantes, distribuida entre las provincias de Camaná, Castilla, Caylloma, Condesuyo, La Unión (departamento de Arequipa), Espinar (departamento de Cusco) y Lampa (departamento de Puno). Los indicadores socioeconómicos principales se muestran a continuación.

Tabla 6: Cuenca Camaná: Características socio - económicas

Indicadores socio - económico	Provincias						
	Camaná	Castilla	Caylloma	Condsyo.	La Unión	Espinar	Lampa
Pobreza monetaria*	16,2	21,8	20,0	25,2	42,5	38,0	54,0
Población Económicamente Activa	64,8	66,3	69,2	67,6	63,5	57,3	61,9

(*) Límite máximo
Fuente: INEI, 2017.

Las principales actividades económicas de la población son: el comercio, los servicios, la agricultura, la pesca, la minería y en menor proporción la construcción y transporte.

5.1.3. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 1 120,32 hm³, que incluye las categorías de uso consuntivo y no consuntivo. El uso consuntivo más importante es el de tipo agrario, con el 98,6% del total. El detalle para el año 2023 se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 11: Cuenca Camaná: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



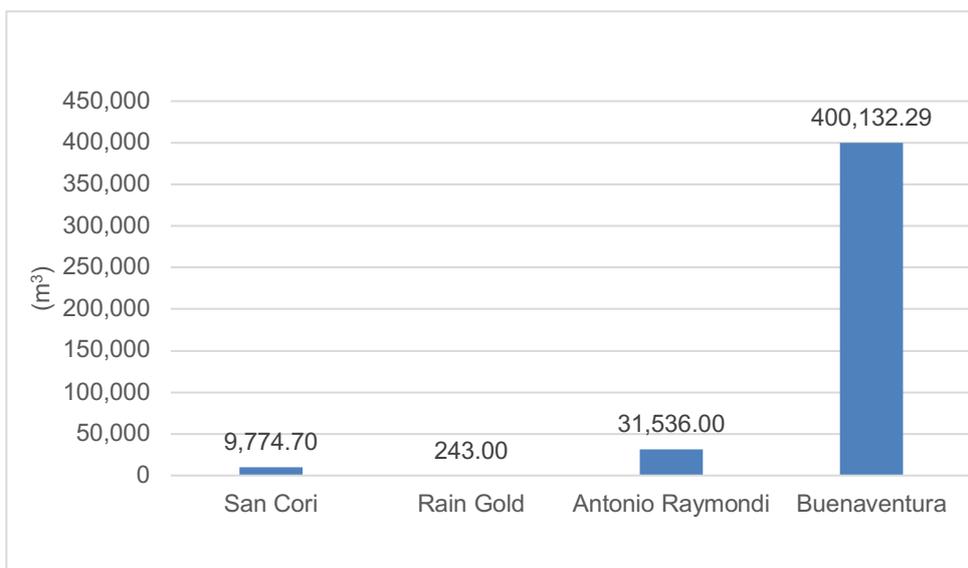
Fuente: ANA, 2023

5.1.3.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a más de 440 000 m³.

El número de empresas mineras registradas llega a tres, las cuales son: Minera San Cori S.A.C., Rain Gold S.R.L. y Empresa Minera S.M.R. Antonio Raimondi. Adicionalmente, se ubica Buenaventura, cuyos derechos de agua se suman a esta estadística. En el siguiente gráfico se muestran los volúmenes de derecho de agua otorgados a dichas compañías.

Figura 12: Cuenca Camaná: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

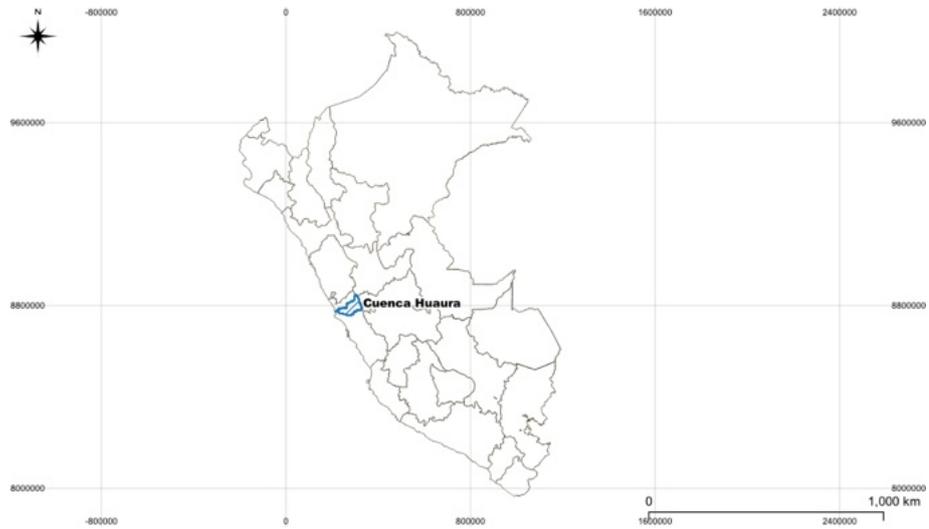
5.2. Cuenca Huaura

5.2.1. Características generales

5.2.1.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Huaura se encuentra entre los paralelos 10°27' y 11°13' de latitud sur, 76°32' y 77°39' de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 5 100 m.s.n.m. Se ubica políticamente en el departamento de Lima, comprendiendo las provincias de Huaura, Oyón y Huaral, en la costa central del Perú.

Figura 13: Mapa de ubicación de la cuenca Huaura



En esta unidad hidrográfica se localiza parcialmente la unidad minera Uchucchacua, específicamente en la unidad hidrográfica Patón, la misma que abarca los distritos de: Oyón (provincia de Oyón) en el departamento de Lima; y Simón Bolívar (provincia de Pasco) y Yanahuanca (provincia de Daniel Alcides Carrión) del departamento de Pasco.

Las características geomorfológicas de la cuenca que definen la hidrología local se muestran a continuación:

Tabla 7: Cuenca Huaura: Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	4 311,00
Perímetro	km	434,06
Longitud cauce principal	km	161,60
Pendiente media cauce principal	Adimensional	0,029
Ancho promedio	km	26,68
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1,86
Rectángulo equivalente - L	km	194,91
Rectángulo equivalente - l	km	22,12
Tiempo de concentración	min	777,00

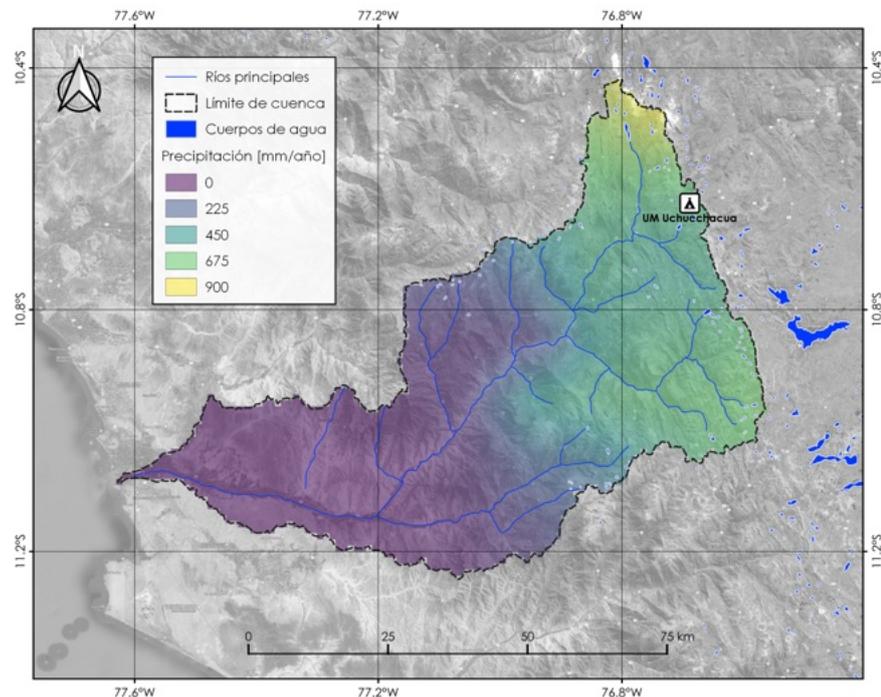
Fuente: ANA, 2023

El relieve de la cuenca se caracteriza por una hoya hidrográfica alargada, de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes. Las unidades fisiográficas de la cuenca predominantes son las colinas y vertientes montañosas empinadas a escarpadas de costa, seguida de formaciones tipo planicie, definiendo el valle y la llanura irrigada.

5.2.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la cuenca oscila entre 2 mm/mes y 75 mm/mes. Presentan un comportamiento estacional marcado, con mayores tasas de precipitación en marzo y menos tasas en julio. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal positivo de la precipitación media anual, siendo esta de mayor magnitud (900 mm/año) en la cuenca alta (sector este) y mucho menor (1 mm/año) hacia la costa (sector oeste).

Figura 14: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Huaura



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.2.1.3. Temperatura

La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 12.8 °C y 15°C. Se observa un comportamiento estacional con poca variabilidad, siendo enero el mes más cálido y julio el más frío. A nivel espacial, se observa una marcada gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de menor magnitud (8 °C) en la cuenca alta (sector este) y mucho mayor (22 °C) hacia la costa (sector oeste).

Figura 15: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Huaura

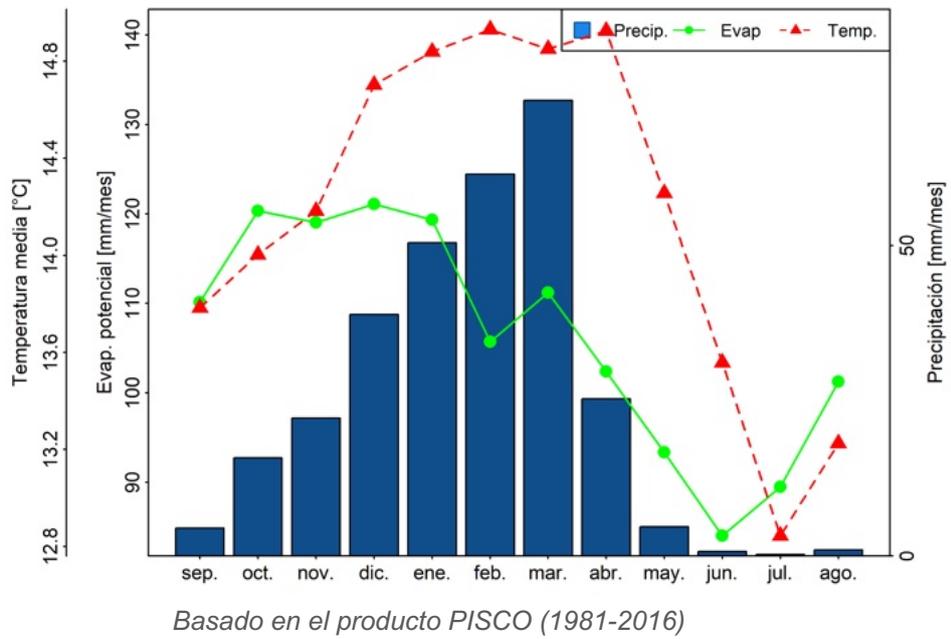
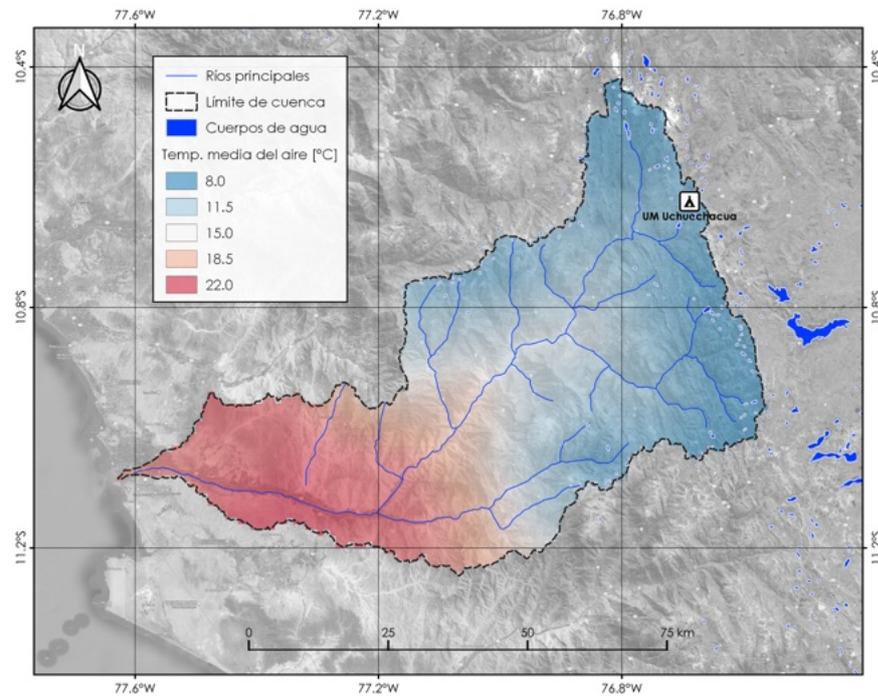


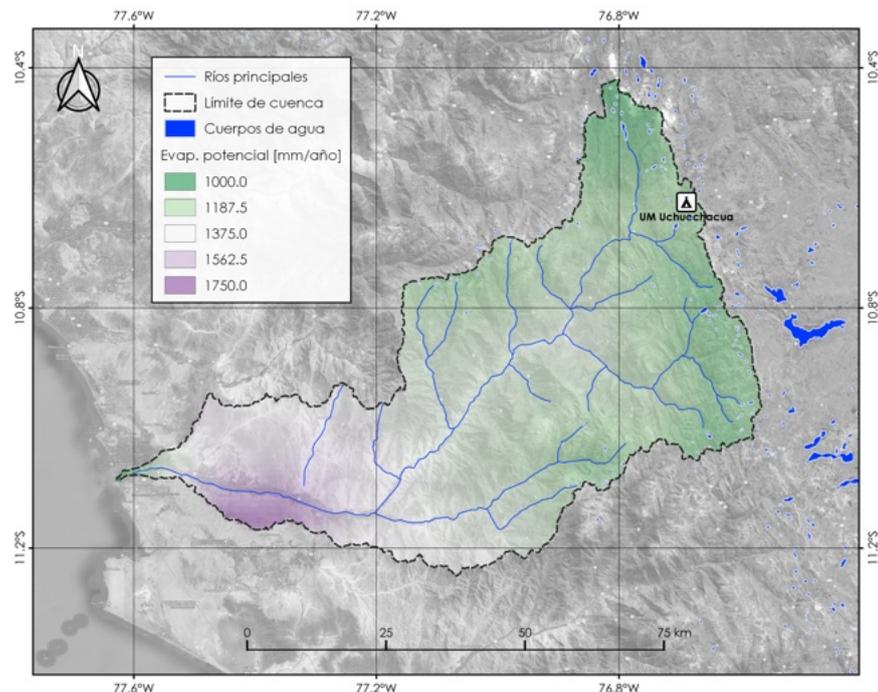
Figura 16: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Huaura



5.2.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 83 mm/mes y 119 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían entre los meses de octubre a enero. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el método de Hargreaves-Samani) sigue un comportamiento similar a la temperatura media del aire, siendo mayor (1750 mm/año) en la cuenca baja y menor (1000 mm/año) en la cuenca alta.

Figura 17: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Huaura



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.2.1.5. Ecosistemas

En la cuenca se considera la existencia de 18 formaciones ecológicas o formas de vida y que corresponden a las áreas cultivadas en la cuenca. El detalle de estas se muestra a continuación:

Tabla 8: Cuenca Huaura: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Desierto desecado	0 - 500	15 - 30	18 - 19
Bosque seco - Montano bajo tropical	2 000 - 3 000	500 - 650	12- 17

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Desierto árido - Montano tropical	3 000 - 3 500	90 - 125	12 - 8
Desierto perárido - Montano bajo subtropical	2 000 - 2 500	60 - 120	13 - 15
Desierto perárido - Premontano tropical	-	60 - 125	20 - 21
Desierto superárido subtropical	-	30 - 60	19 - 20
Estepa espinosa - Montano bajo tropical	2 000 - 3000	250 - 450	17 - 12
Estepa - Montano tropincal	3 000 - 4000	350 - 500	6 - 12
Matorral desértico - Montano bajo tropical	2 500 - 3 000	25 - 250	12 - 17
Matorral desértico - Montano tropical	2 300	-	18 - 24
Matorral desértico - Premontano tropical	-	140 - 260	19 - 20
Matorral desértico - Subalpino tropical	3 900 - 4 200	200 - 250	5 - 6
Monte espinoso - Premontano tropical	--	260 - 460	17 - 18
Páramo húmedo - Subalpino tropical	3 900 - 4 200	450 - 550	4 - 6
Páramo muy húmedo - Subalpino tropical	4 200 - 4 500	600 - 800	3 - 6
Páramo pluvial - Subalpino tropical	4 400 - 4 600	1 000 - 1 200	3 - 4
Tundra pluvial - Alpino tropical	4 500 - 5 000	500 - 1 000	1,5 - 3
Nival - Tropical	5 000 - 5 500	500 - 700	1,5

Fuente: ANA, 2010

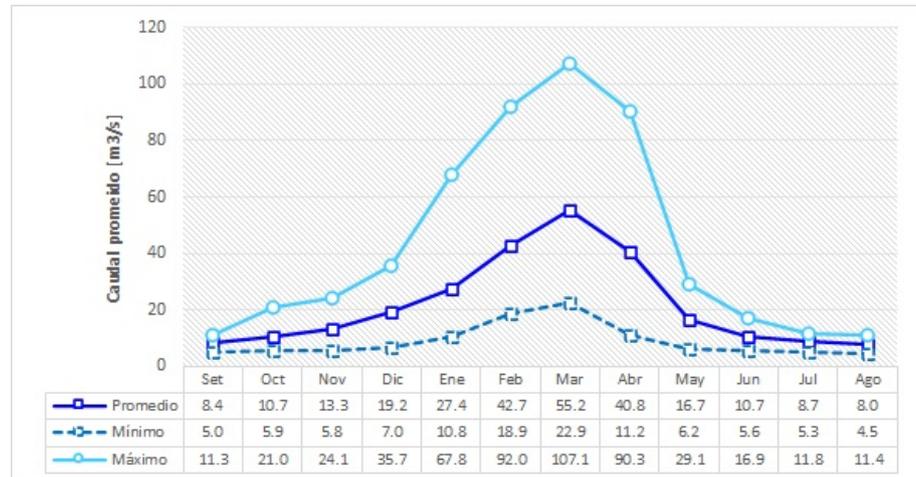
5.2.2. Recursos hídricos

5.2.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Sayán para el periodo 1995-2020. Esta estación se ubica en la cuenca media-baja y permite estimar el escurrimiento de la cuenca húmeda.

La cuenca del río Huaura presenta una variación estacional de caudales de tipo unimodal, siendo los meses de avenidas entre diciembre a mayo y los meses de estiaje entre junio y noviembre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (Setiembre-agosto) oscilan entre 8 y 55,2 m³/s. Para el periodo analizado, en años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 107,1 m³/s (4,5 m³/s).

Figura 18: Cuenca Huaura: Caudal promedio mensual (2001-2009)



Fuente: Datos de la Estación Sayán del SENAMHI, extraído de <http://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

5.2.2.2. Aguas subterráneas

El acuífero costero Huaura, de extensión de 594 km², se extiende en la zona costera del valle del río Huaura; en la formación aluvial se presenta una sedimentación heterogénea con una alternancia y mezcla de estratos permeables e impermeables, que en conjunto conforman un acuífero poroso no consolidado (Vásquez & Peña, 2012).

Las principales fuentes producto de recarga del acuífero aluvial del valle de Huaura provienen de la infiltración del lecho del río Huaura, seguido por el riego por inundación y canales sin revestimiento (INGEMMET, 2019).

5.2.2.3. Infraestructura hidráulica

En la cuenca del río Huaura no se cuenta con infraestructura hidráulica mayor; es decir, con estructuras que por su construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor magnitud, complejidad e importancia para la unidad hidrográfica. En la parte alta se emplazan estructuras que permiten la regulación de lagunas y el incremento de la oferta en los meses de estiaje. Entre las estructuras más importantes se citan:

- Surasaca (23 hm³)

- Cochaquillo (28 hm³)
- Patón (5 hm³)

La mayor cantidad de estructuras registradas corresponden a canales laterales, canales de derivación y bocatomas. El detalle de la infraestructura hidráulica menor se muestra a continuación:

Tabla 9: Cuenca Huaura: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	212
Canales de Derivación	209
Canales Laterales	882
Total	1303

Fuente: ANA 2023

5.2.3. Aspectos sociales y económicos

La población en la cuenca alcanza los 263 565 habitantes, distribuida entre las provincias de Huaura⁷, Oyón⁸ y Huaral (distrito de Ihuarín) del departamento de Lima. Los indicadores demográficos se muestran a continuación.

Tabla 10: Cuenca Huaura: Características socio - económicas

Indicadores socio - económico	Provincias (distrito)		
	Huaura	Oyón	Huaral (Ihuarín)
Pobreza monetaria*	23,37	33,72	34,90
Población Económicamente Activa	59,38	60,77	65,81

(*) Límite máximo
Fuente: INEI 2017, 2020.

La población es mayormente urbana y sus principales actividades son: comercio, labores administrativas, pesca, agricultura y ganadería.

⁷ Distritos de Vegueta, Huaura, Caleta de Carquín, Huacho, Hualmay, Santa María, Sayán, Santa Leonor, Checra, Paccho y Leoncio Prado.

⁸ Distritos de Oyón, Andajes, Pachangara, Naván, Cochamarca y Caujul

5.2.4. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 1 408,05 hm³, que incluye las categorías de uso consuntivo y no consuntivo. Con relación a los usos consuntivos (379,52 hm³), el más importante es el de tipo agrario, con el 93,84%. El detalle para el año 2023 se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 19: Cuenca Huaura: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



Fuente: ANA, 2023

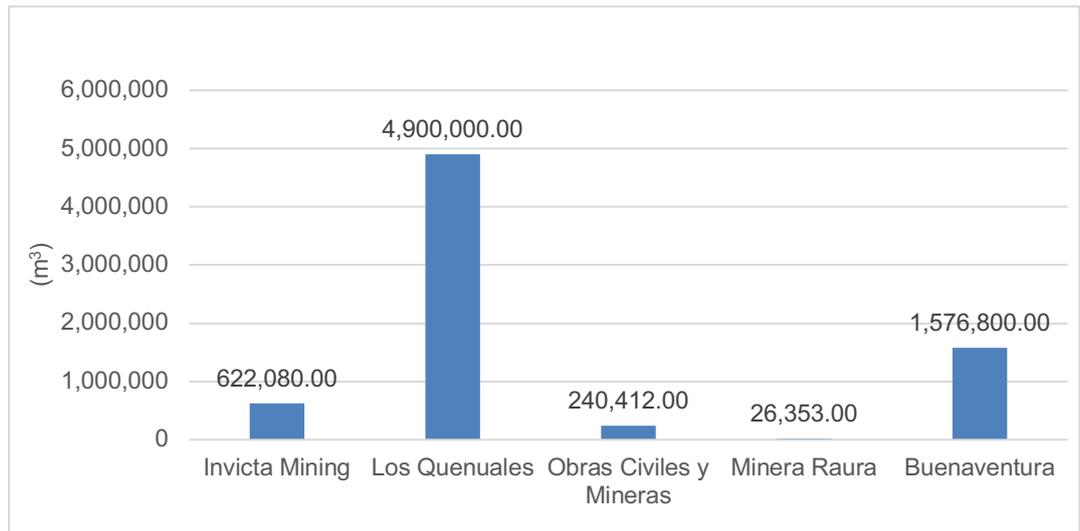
Respecto al uso no consuntivo (1 157,752 hm³), el de tipo energético es el más importante, con el 99,38%, seguido por el acuícola, con el 0,56% y el turístico con el 0,06%.

5.2.4.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a más de 6,18 hm³.

El número de empresas mineras registradas llega a cuatro, las cuales son: Invicta Mining Corp. S.A.C., Empresa Minera Los Quenuales S.A., Obras Civiles y Mineras S.A.C, Compañía Minera Raura S.A.. Adicionalmente, se ubica Buenaventura, cuyos derechos de agua se suman a esta estadística. En el siguiente gráfico se muestran los volúmenes de derecho de agua otorgados a dichas compañías.

Figura 20: Cuenca Huaura: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

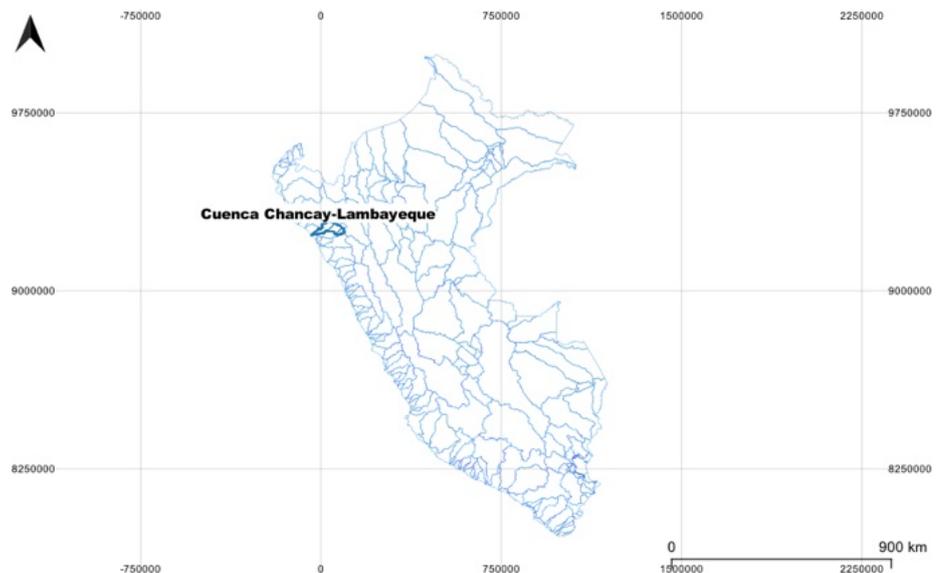
5.3. Cuenca Chancay - Lambayeque

5.3.1. Características generales

5.3.1.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Chancay - Lambayeque se encuentra entre los paralelos 6°20' y 6°56' de latitud sur, meridianos 78°38' y 80°0' de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 4 000 m.s.n.m. Se ubica políticamente entre los departamentos de Cajamarca y Lambayeque.

Figura 21: Mapa de ubicación de la cuenca Chancay - Lambayeque



En esta unidad hidrográfica se localizan las unidades mineras La Zanja y Tantahuatay (parcialmente). La primera en la unidad hidrográfica Cañad, que comprende la quebrada El Cedro, y se extiende en los distritos de: Pulán (provincia de Santa Cruz) y Tongod (provincia de San Miguel) del departamento de Cajamarca.

Por otro lado, la unidad minera Tantahuatay se ubica en la unidad hidrográfica San Juan, que comprende la cuenca Colorado, en los distritos de: Hualgayoc y Porcón (provincia de Hualgayoc) del departamento de Cajamarca.

Las características geomorfológicas que definen la hidrología local se muestran a continuación:

Tabla 11: Cuenca Chancay - Lambayeque. Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	4 022,00
Perímetro	km	433,95
Longitud cauce principal	km	203,93
Pendiente media cauce principal	Adimensional	0,019
Ancho promedio	km	19,72
Coefficiente de compacidad	Adimensional	1,93
Rectángulo equivalente - L	km	196,51
Rectángulo equivalente - l	km	20,47
Tiempo de concentración	min	1 100,00

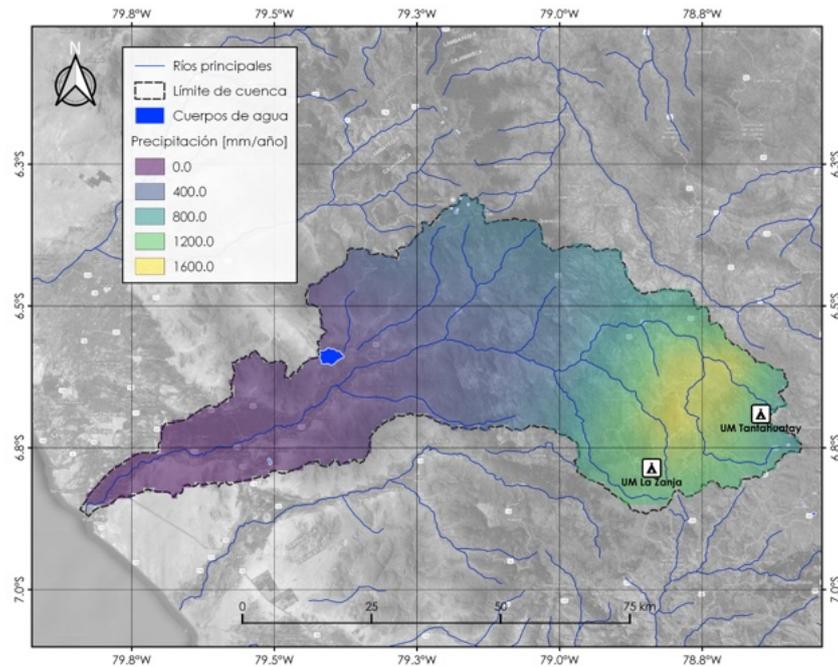
Fuente: ANA, 2023

Fisiográficamente, se han distinguido seis paisajes principales: i) paisaje del valle encajonado; 2) paisaje de la llanura aluvial; 3) paisaje de abanicos aluviales locales; 4) paisaje de médanos; 5) paisaje de formaciones eólicas; y 6) paisajes de terrenos litorales.

5.3.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la cuenca oscila entre 5 mm/mes y 150 mm/mes. Presenta un comportamiento estacional marcado, con mayores tasas de precipitación en marzo y menos tasas en agosto. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal positivo de la precipitación media anual, siendo esta de mayor magnitud (1600 mm/año) en la cuenca alta (sector este) y mucho menor (0.5 mm/año) hacia la costa (sector oeste).

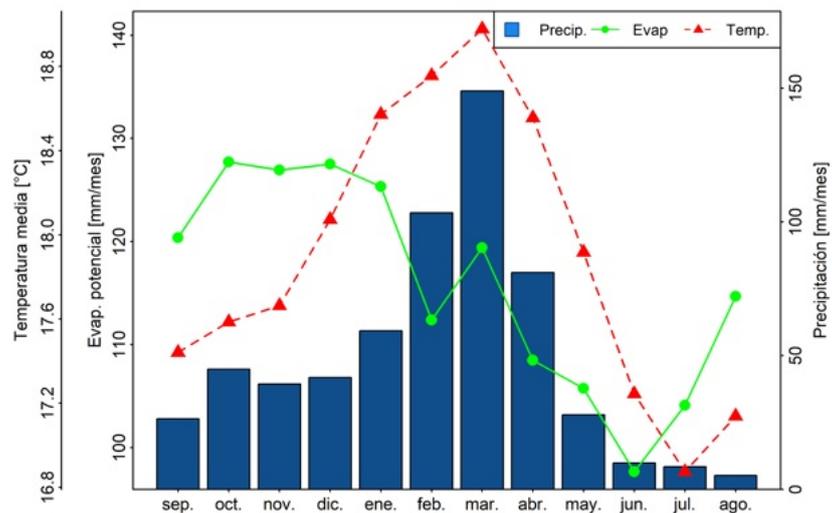
Figura 22: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Chancay-Lambayeque



5.3.1.3. Temperatura

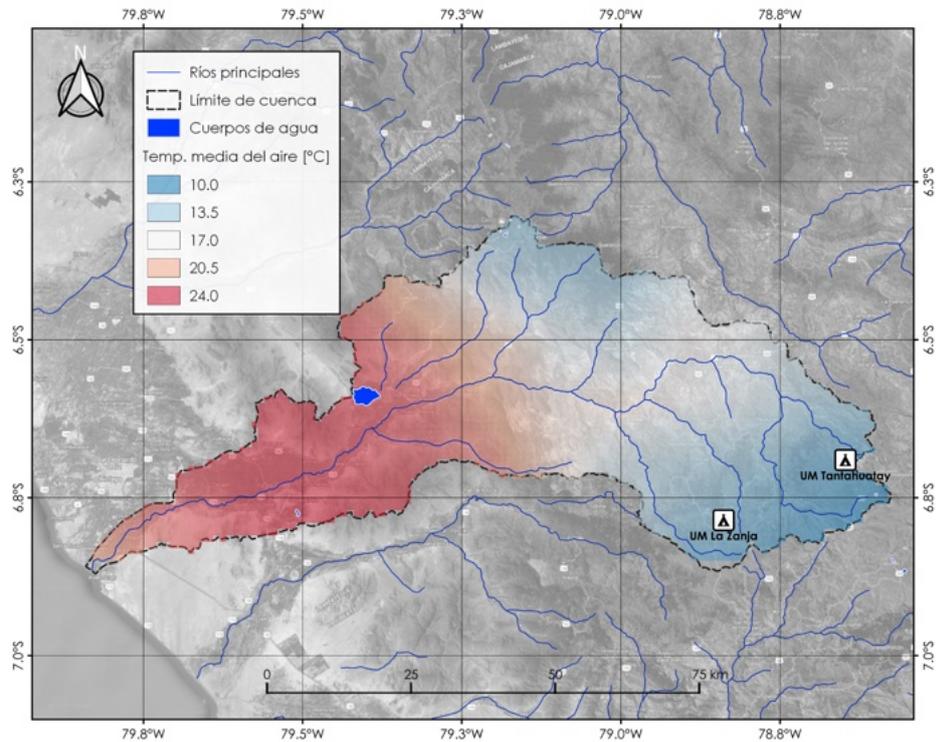
La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 17 °C y 19°C. Se observa un comportamiento estacional con poca variabilidad, siendo marzo el mes más cálido y julio el más frío. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de menor magnitud (10 °C) en la cuenca alta (sector este) y mucho mayor (24 °C) hacia la costa (sector oeste).

Figura 23: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Chancay-Lambayeque



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

Figura 24: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Chancay-Lambayeque

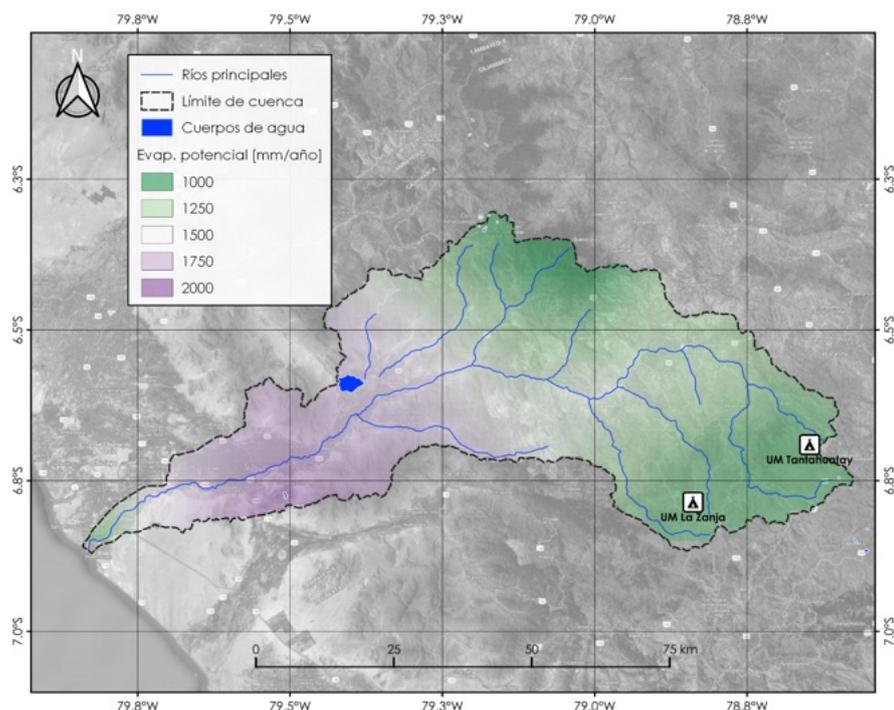


Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.3.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 95 mm/mes y 129 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían entre los meses de octubre a enero. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el método de Hargreaves-Samani) sigue un comportamiento similar a la temperatura media del aire, siendo mayor (2000 mm/año) en la cuenca baja y menor (1000 mm/año) en la cuenca alta.

Figura 25: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Chancay Lambayeque



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.3.1.5. Ecosistemas

Los sistemas ecológicos en la cuenca están representados por doce formaciones. Estos ecosistemas están caracterizados por sus condiciones para la agricultura, ganadería y pastizales. Las características ecológicas de cada formación se muestran a continuación:

Tabla 12: Cuenca Chancay – Lambayeque: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Desierto desecado premontano tropical	0 - 500	30.0	21 - 23
Desierto superárido premontano tropical	25 - 400	30 - 50	23 - 23.6
Desierto superárido subtropical	0 - 900	49 - 18	19.8 - 20.2
Desierto superárido tropical	50 - 75	50 - 100	24
Bosque húmedo montano bajo tropical	1800 - 3000	790.7 - 1972	12.6 - 17.9
Bosque húmedo montano tropical	2800 - 3800	498 - 1154	7.3 - 13.1

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Bosque seco premontano tropical	1000 - 2250	-	17.4 - 25.1
Estepa espinosa montano bajo tropical	2000 - 3100	231.3 - 522.4	12.1 - 18.2
Matorral desértico premontano tropical	0 - 1900	242.1 - 100.9	22.3 - 25.5
Matorral desértico tropical	0 - 1900	222.7 - 122.6	22.4 - 24.6
Monte espinoso premontano tropical	500 - 2300	532.8 - 226.0	18.8 - 24.5
Páramo pluvial subalpino tropical	4400 - 4600	1754 - 1819	3 - 6

Fuente: ONERN, 1976. Gobierno Regional Lambayeque, 2012.

5.3.2. Recursos hídricos

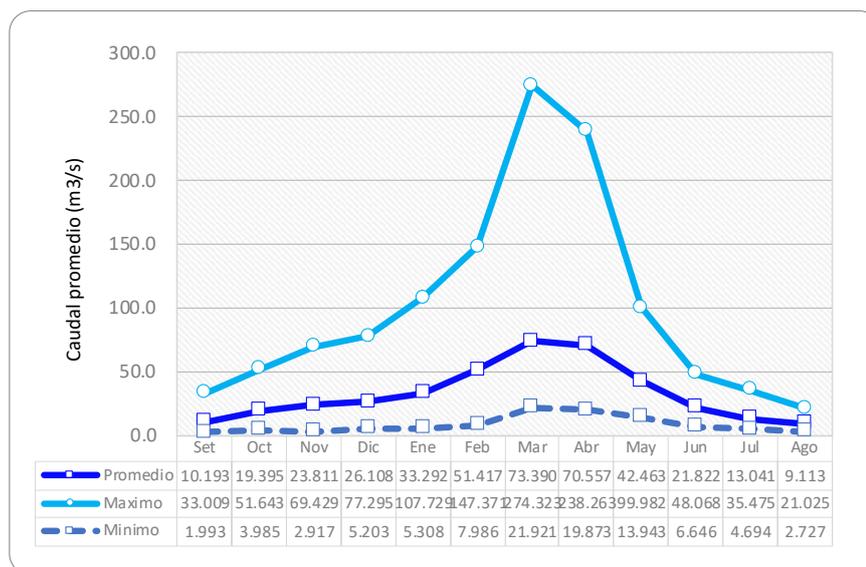
5.3.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Racarumi para el periodo 1914-2021. Esta estación se ubica en la cuenca media del río Chancay - Lambayeque, y permite estimar el escurrimiento de la cuenca húmeda.

La cuenca del río Chancay - Lambayeque presenta una variación estacional de caudales de tipo unimodal, siendo los meses de avenidas entre diciembre a mayo y los meses de estiaje entre junio y noviembre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (setiembre-agosto) oscilan entre 9,1 y 73,4 m³/s. En años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 274,3 m³/s (1,99 m³/s).

Esta oferta de agua incluye el aporte del trasvase de aguas aportadas por las cuencas de los ríos Chotano (391 km²) y Conchano (2 km²), a partir de los años 1958 y 1983 respectivamente.

Figura 26: Cuenca Chancay – Lambayeque: Caudal promedio mensual (1914-2021)



Fuente: ANA 2023.

5.3.2.2. Aguas subterráneas

Las reservas de agua subterránea se conforman en un acuífero libre, alimentado de las precipitaciones y filtraciones directas de los ríos Chancay - Lambayeque, canales de riego y áreas agrícolas. La reserva explotable del acuífero del valle Chancay - Lambayeque, es de 341 hm³ y el volumen de explotación es de 61,96 hm³ (ANA 2010, 2015c).

5.3.2.3. Infraestructura hidráulica

En la cuenca se ha desarrollado infraestructura hidráulica mayor que permite el incremento de la oferta de agua y su regulación, conformados por las obras siguientes:

- Túnel Conchano (4,2 km)
- Túnel Chotano (5,3 km)
- Reservorio de Tinajones (320 hm³)
- Reservorio de Collique (4 hm³)
- Reservorio de Boro (2 hm³)
- Reservorio de Cirato (0,3 hm³)

Los túneles permiten el trasvase de 200 hm³ desde la cuenca Marañón. La capacidad de almacenamiento de estas estructuras supera el valor de 326 hm³.

Adicionalmente, se han desarrollado un conjunto de obras comprendidas por bocatomas, canales y reservorios, que permiten el aprovechamiento del recurso hídrico. A continuación, se señalan los más importantes:

Tabla 13: Cuenca Chancay – Lambayeque: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	464
Estación de bombeo	1
Canales de Derivación	461
Canales e trasvase	1
Canales Laterales	1089
Obras de arte	2
Drenes	299
Reservorios	2
Total	2 319

Fuente: ANA 2023

5.3.3. Aspectos sociales y económicos

La población en la cuenca alcanza los 1 037 010 habitantes, asentados principalmente en 28 distritos distribuidos entre las provincias de Chota, Hualgayoc, San Miguel, Santa Cruz, del departamento de Cajamarca y la provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. Los indicadores socioeconómicos principales se muestran a continuación.

Tabla 14: Cuenca Chancay – Lambayeque: Características socio - económicas

Indicadores socio - económico	Provincias				
	Chota	Hualgayoc	San Miguel	Santa Cruz	Chiclayo
Pobreza monetaria*	61,1	59,6	56,4	56,9	12,9
Población Económicamente Activa	45,78	47,49	46,40	48,38	56,51

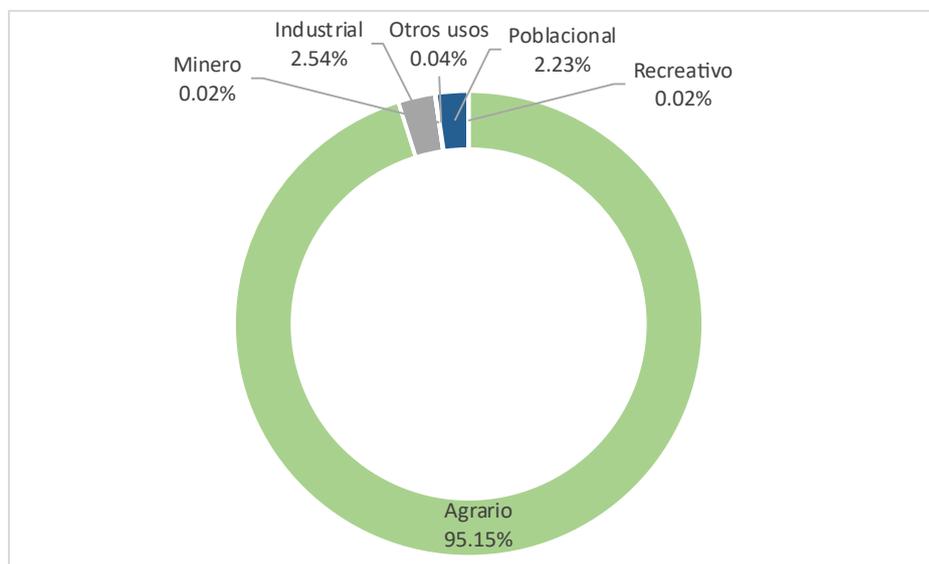
(*) Límite máximo

Fuente: INEI, 2017.

5.3.4. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 2 057,04 hm³, que incluye las categorías de consuntivo y no consuntivo. Con relación al uso consuntivo, el más importante es el de tipo agrario, con el 95,5% del total. Entre los usos no consuntivos destaca el energético que comprende más del 99%. El detalle de los usos consuntivos se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 27: Cuenca Chancay – Lambayeque: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



Fuente: ANA, 2023

5.3.4.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a más de 0,05 hm³.

El número de empresas mineras registradas llega a tres, las cuales son: Compañía Minera Coimolache S.A., Compañía Minera Troy S.A.C. Adicionalmente, se ubica Buenaventura, cuyos derechos de agua se suman a esta estadística. En el siguiente gráfico se muestran los volúmenes de derecho de agua otorgados a dichas compañías.

Figura 28: Cuenca Chancay - Lambayeque: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

5.4. Intercuenca Alto Marañón IV

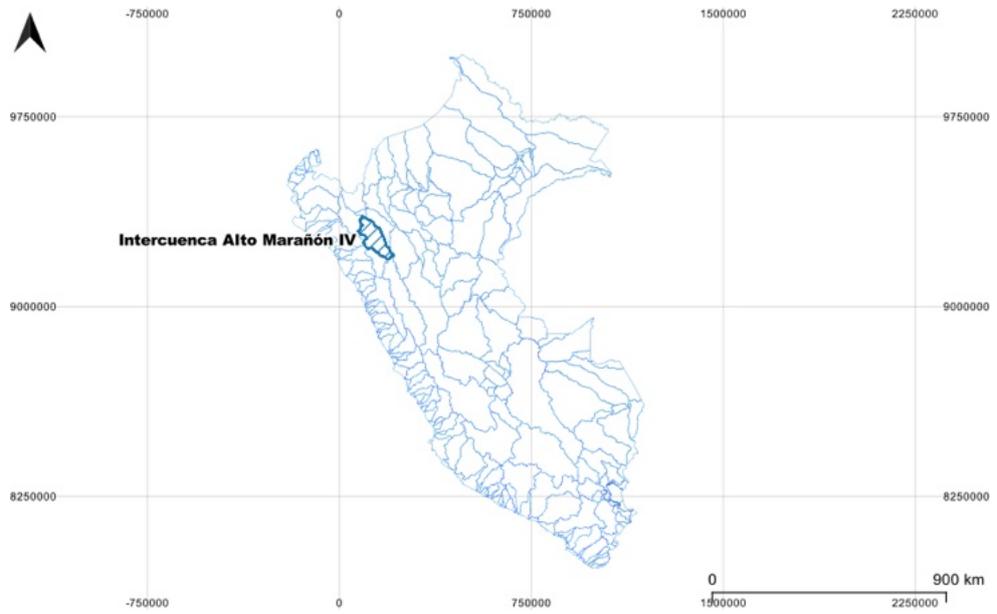
5.4.1. Características generales

5.4.1.1. Ubicación geográfica

La Intercuenca Alto Marañón IV se encuentra entre los paralelos 5°46' y 7°21' de latitud sur, 78°51' y 77°36' de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 4 519 m.s.n.m. Se ubica políticamente en los departamentos de Amazonas, comprendiendo las provincias de Chachapoyas, Luya y Utcubamba; Cajamarca, como parte de las provincias de Celendín, Chota, Cutervo, Hualgayoc y San Marcos; y La Libertad, provincia de Bolívar.

En esta unidad hidrográfica se localiza una parte de la unidad minera Tantahuatay, con influencia en la unidad hidrográfica La Quebrada, que incluye las quebradas Puente La Hierba y Tres Amigos, las mismas que desembocan en la cuenca Maygasbamba, la misma que se extiende en los distritos de Hualgayoc y Bambamarca, provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca.

Figura 29: Mapa de ubicación de la Intercuenca Alto Marañón IV



Las características geomorfológicas que definen la hidrología local se muestran a continuación:

Tabla 15: Intercuenca Alto Marañón IV: Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	10 240
Perímetro	km	657,16
Longitud cauce principal	km	346,41
Pendiente media cauce principal	Adimensional	-
Ancho promedio	km	-
Coefficiente de compacidad	Adimensional	1,83
Rectángulo equivalente - L	km	293,72
Rectángulo equivalente - l	km	34,86
Tiempo de concentración	min	27

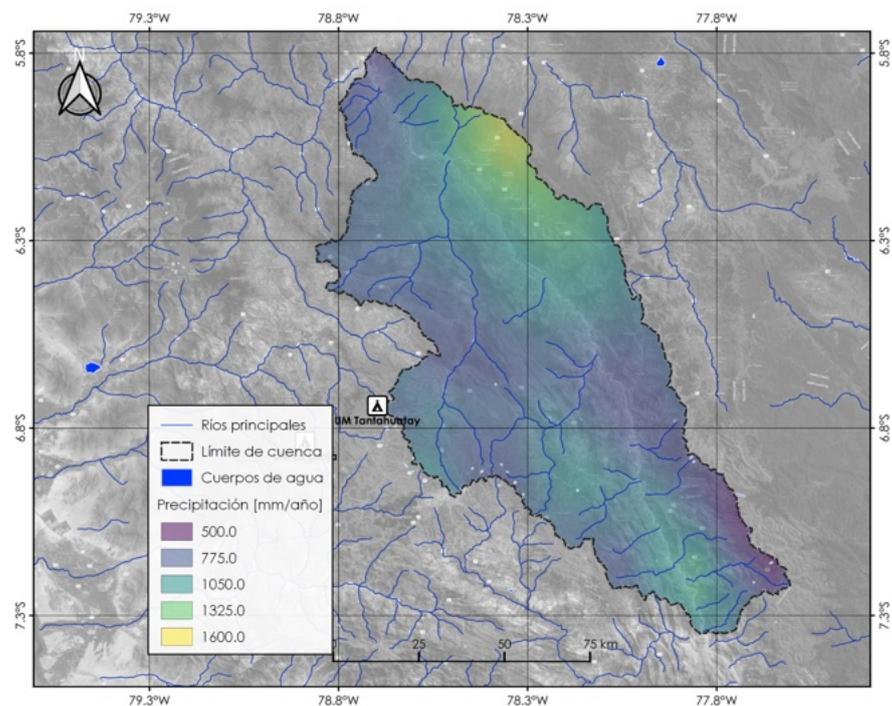
Fuente: ANA, 2023

El río Marañón discurre por un paisaje montañoso con suaves pendientes en el valle, y vertientes y valles tributarios con pendientes moderadas y llanuras onduladas y disectadas en la altiplanicie de la margen izquierda.

5.4.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la intercuenca oscila entre 10 mm/mes y 175 mm/mes. Presentan un comportamiento estacional bimodal, con picos de lluvia hacia octubre y marzo, y las menores tasas de precipitación en julio. A nivel espacial, no se observa un marcado gradiente altitudinal marcado puesto que las tasas de precipitación (1600 mm/año) en la región amazónica de la cuenca (sector noreste de la cuenca) son igual y/o mayores (500 - 1000 mm/año) que las precipitaciones medias anuales que se presentan en la región andina (sector suroeste).

Figura 30: Mapa de la precipitación media anual de la Intercuenca Alto Marañón IV

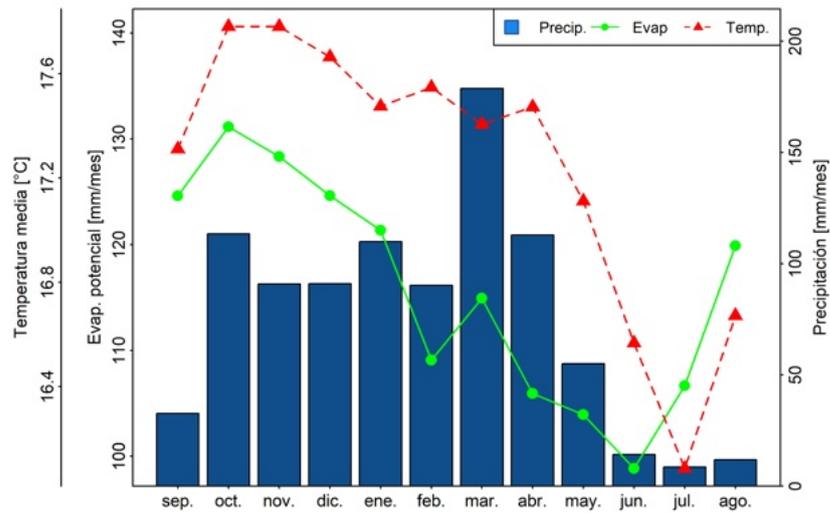


Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.4.1.3. Temperatura

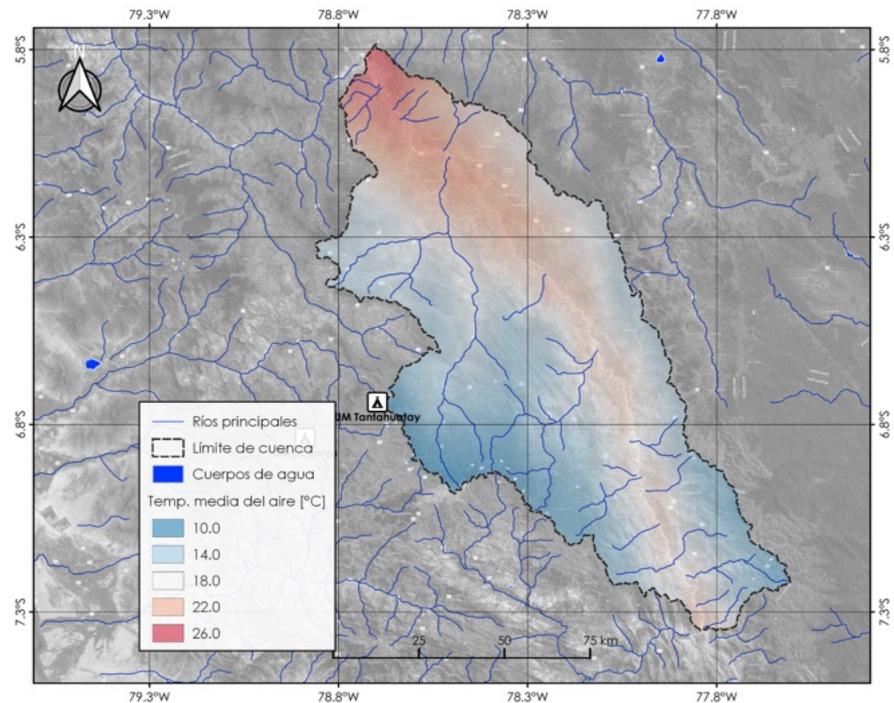
La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 16,2 °C y 17,8 °C. Se observa un comportamiento estacional con poca variabilidad, siendo octubre y noviembre los meses más cálidos y julio el más frío. A nivel espacial, se observa un marcado gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de menor magnitud (10 °C) en zonas con mayores elevaciones y mayor (26 °C) en la región amazónica de la cuenca.

Figura 31: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la Intercuenca Alto Marañón IV



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

Figura 32: Mapa de la temperatura media anual de la Intercuenca Alto Marañón IV



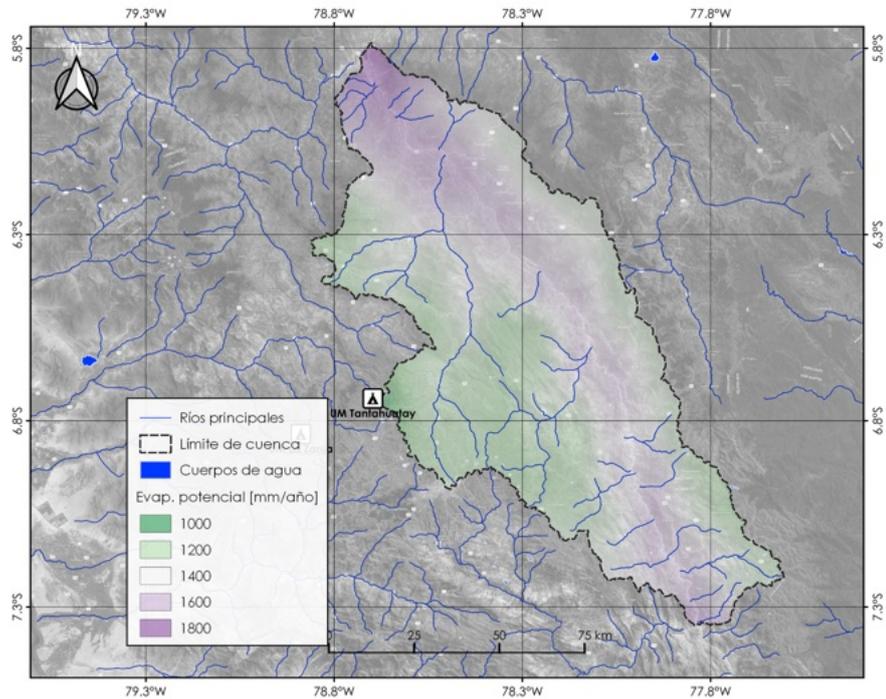
Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.4.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 97 mm/mes y 132 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían entre los meses de octubre a noviembre. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el método de Hargreaves-Samani) sigue un comportamiento similar

a la temperatura media del aire, siendo mayor (1800 mm/año) en la cuenca baja y menor (1000 mm/año) en la cuenca alta.

Figura 33: Mapa de la evapotranspiración potencial en la Intercuenca Alto Marañón IV



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.4.1.5. Ecosistemas

En la Intercuenca Alto Marañón IV se pueden identificar 4 grandes zonas de vida (SENAMHI, 2017). El detalle de estas se muestra a continuación:

Tabla 16: Intercuenca Alto Marañón IV: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Bosque muy seco	422 - 1775	1159 - 1379	22 - 23
Bosque seco	439 - 4079	824 - 1848	15 - 24
Páramo húmedo	605 - 4486	798 - 2064	11 - 20
Estepa	2754 - 4519	626 - 910	11 - 14

Fuente: SENAMHI (2017).

5.4.2. Recursos hídricos

5.4.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Cumba para el periodo 2014-2022. La estación Cumba se ubica en la parte baja de la intercuenca Alto Marañón IV y permite estimar el escurrimiento de la cuenca.

La intercuenca Alto Marañón IV presenta una variación estacional de caudales de tipo bimodal, siendo los meses de creciente entre noviembre a abril y los meses de vaciante entre agosto y octubre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (Setiembre-agosto) oscilan entre 136 y 1250,9 m³/s. En años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 2506,2 m³/s (80,4 m³/s).

Figura 34: Intercuenca Alto Marañón IV: Caudal promedio mensual río Marañón (2014-2022)



Fuente: Datos de la Estación Cumba del SENAMHI, extraído de <http://snirh.ana.gov.pe/observatorioSNIRH/>

5.4.2.2. Aguas subterráneas

En el dominio del Alto Marañón IV se localizan unidades hidrogeológicas del tipo acuícludo sedimentario, acuícludo metamórfico (macizos rocosos de naturaleza sedimentaria y metamórfica alteradas) y acuífero sedimentario ((intercalaciones de lutitas, lodolitas, limolitas de muy baja permeabilidad con niveles de areniscas, margas o calizas.) (ANA, 2015). Hay manantiales en las zonas altas del valle, indicando que estos materiales permiten la circulación del agua infiltrada a través de los acuíferos fisurados calcáreos (ANA, 2015d).

5.4.2.3. Infraestructura hidráulica

A diferencia de otras zonas, en la Intercuenca Alto Marañón IV no se cuenta con infraestructura hidráulica mayor; es decir, con estructuras que por su construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor magnitud, complejidad e importancia. La mayor cantidad de estructuras registradas corresponden a canales laterales, canales de derivación, bocatomas y obras de arte. El detalle de la infraestructura hidráulica menor se muestra a continuación:

Tabla 17: Intercuenca Alto Marañón IV: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	374
Canales de Derivación	385
Canales Laterales	464
Obras de arte	3
Total	1226

Fuente: ANA 2023

5.4.3. Aspectos sociales y económicos

La población en la Intercuenca Alto Marañón IV, en base a las provincias de mayor cobertura, alcanza los 659 783 habitantes, distribuida en los departamentos de Amazonas, comprendiendo las provincias de Chachapoyas, Luya y Utcubamba; en Cajamarca, como parte de las provincias de Cajamarca, Celendín, Chota, Cutervo, Hualgayoc y San Marcos; y La Libertad, provincia de Bolívar. Los indicadores demográficos se muestran a continuación.

Tabla 18: Intercuenca Alto Marañón IV: Características socio - económicas

Provincias (distritos)	Pobreza monetaria (%)	Población Económicamente Activa (%)
Luya	51,3	47,8
Utcubamba	33,8	52,0
Celendín	61,3	47,5
Chota	61,1	45,8
Cutervo	61,2	47,1
Hualgayoc	59,6	47,5
Cajamarca (Encañada)	82,3	40,9

Provincias (distritos)	Pobreza monetaria (%)	Población Económicamente Activa (%)
San Marcos (José Sabogal)	84,2	40,0
Bolívar	57,1	45

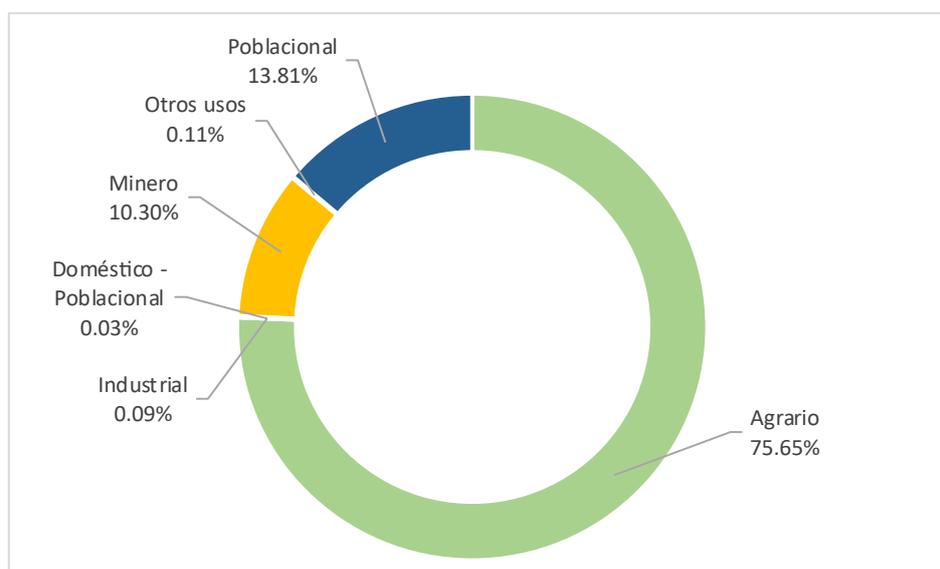
(*) Límite máximo

Fuente: INEI, 2017. INEI, 2020.

5.4.4. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 157,65 hm³, que incluye las categorías de consuntivo y no consuntivo. Con relación al uso consuntivo (119,37 hm³), el más importante es el de tipo agrario, con el 75,7% del total. El detalle por año de los usos consuntivos se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 35: Intercuenca Alto Marañón IV: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



Fuente: ANA, 2023.

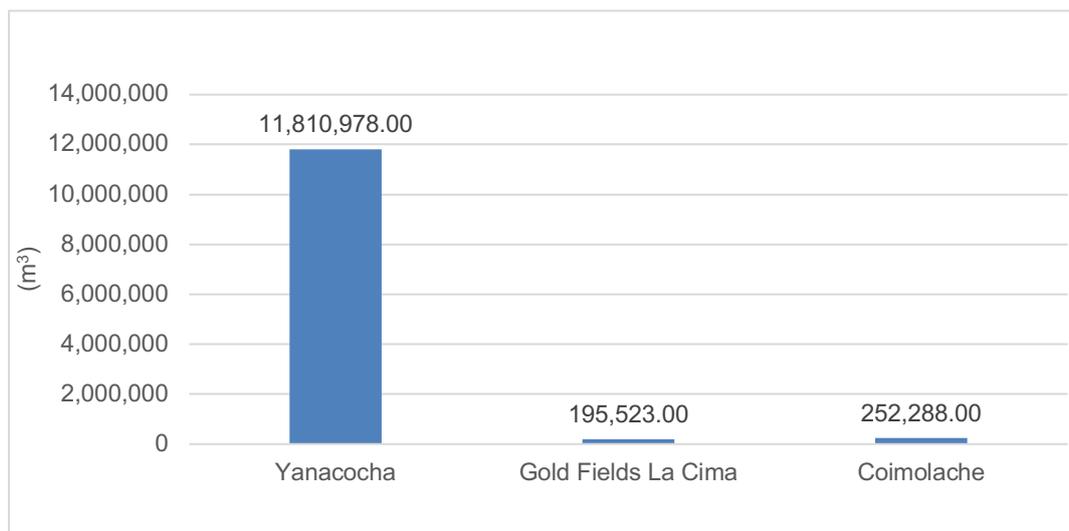
Entre los usos no consuntivos (38,28 hm³) destaca el de tipo energético, que comprende el 93,5% del total.

5.4.4.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a 12,258 hm³. El número de empresas mineras llega a 3, las cuales son:

- Minera Yanacocha S.R.L.
- Gold Fields La Cima S.A
- Compañía Minera Coimolache S.A.

Figura 36: Intercuenca Alto Marañón IV: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

5.5. Intercuenca Alto Huallaga

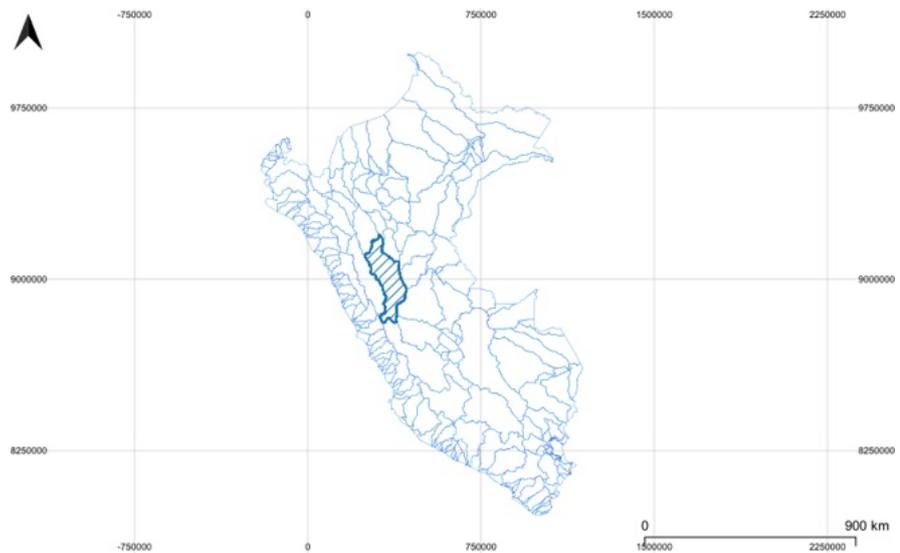
5.5.1. Características generales

5.5.1.1. Ubicación geográfica

La Intercuenca Alto Huallaga se encuentra entre los paralelos 7°14' y 10°45' de latitud sur, y meridianos 77°18' y 75°39' de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 5 289 m.s.n.m. Se ubica políticamente en el departamento de Huánuco, comprendiendo las provincias de Ambo, Dos de Mayo, Huacaybamba, Huamalíes, Huánuco, Leoncio Prado, Marañón y Pachitea; así como en el departamento de la Libertad en la provincia de Pataz; en el departamento de Pasco, en las provincias de Daniel Alcides Carrión y Pasco; y en el departamento de San Martín en las provincias de Mariscal Cáceres y Tocache.

En esta unidad hidrográfica se localiza una parte de la unidad minera Uchucchacua, específicamente en la unidad hidrográfica San Juan de Baños, que incluye la quebrada Carama, que se extiende en el distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión en el departamento de Pasco.

Figura 61: Mapa de ubicación de la Intercuenca Alto Huallaga



Las características geomorfológicas que definen la hidrología de la Intercuenca Alto Huallaga se muestran a continuación:

Tabla 19: Intercuenca Alto Huallaga: Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	30 276
Perímetro	km	1404,75
Longitud cauce principal	km	770,85
Pendiente media cauce principal	Adimensional	-
Ancho promedio	km	-
Coefficiente de compacidad	Adimensional	2,28
Rectángulo equivalente – L	km	656,24
Rectángulo equivalente – l	km	46,14
Tiempo de concentración	min	38

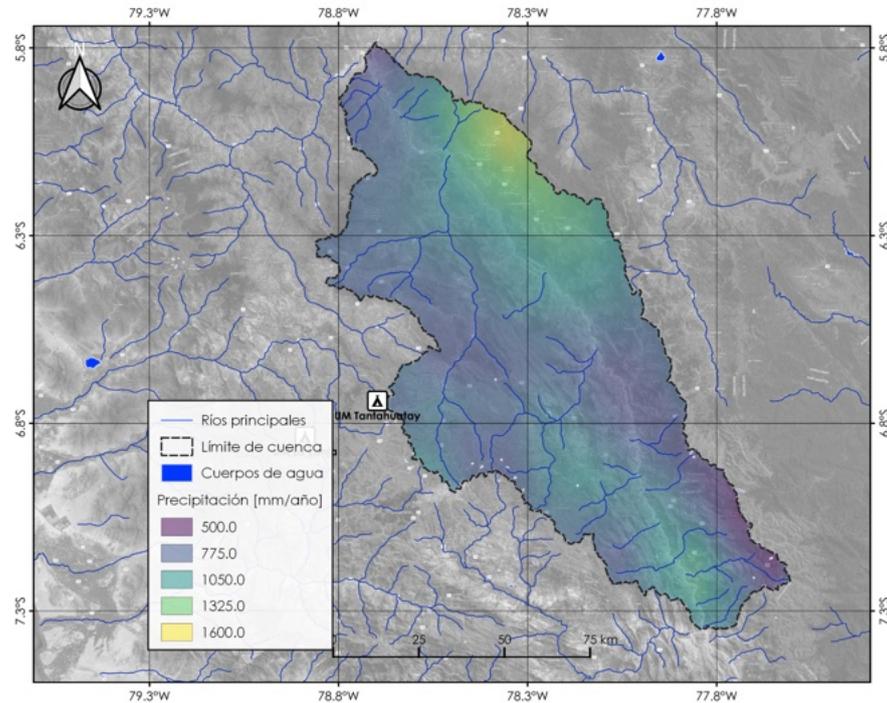
Fuente: ANA, 2023

5.5.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la intercuenca oscila entre 40 mm/mes y 325 mm/mes. Presentan un comportamiento estacional bimodal, con picos de lluvia hacia diciembre y marzo, y las menores tasas de precipitación en julio. A nivel espacial, se observa una gradiente altitudinal negativa, con mayores tasas de precipitación

media anual (4100 mm/año) en la región amazónica de la cuenca (sector noreste de la cuenca) y menores tasas de precipitación (400 - 1500 mm/año) sobre la región andina (sector suroeste).

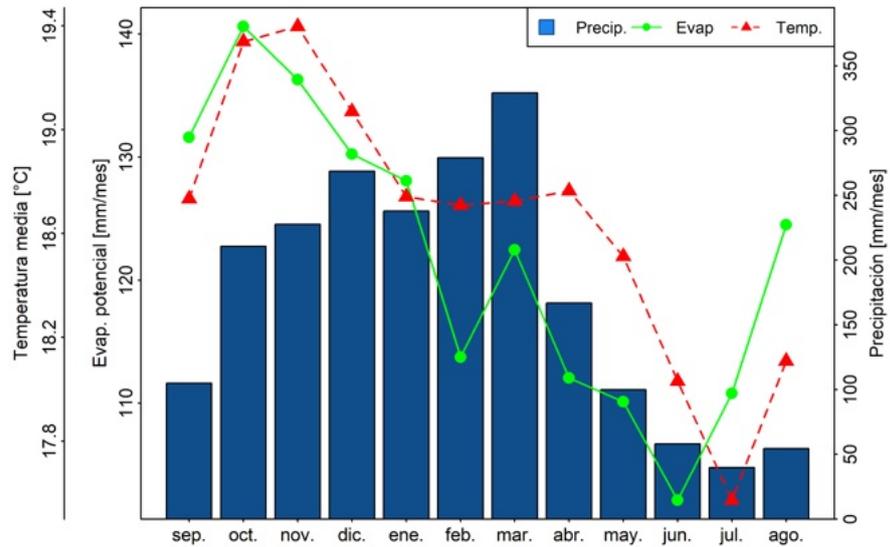
Figura 37: Mapa de la precipitación media anual de la Intercuenca Alto Huallaga



5.5.1.3. Temperatura

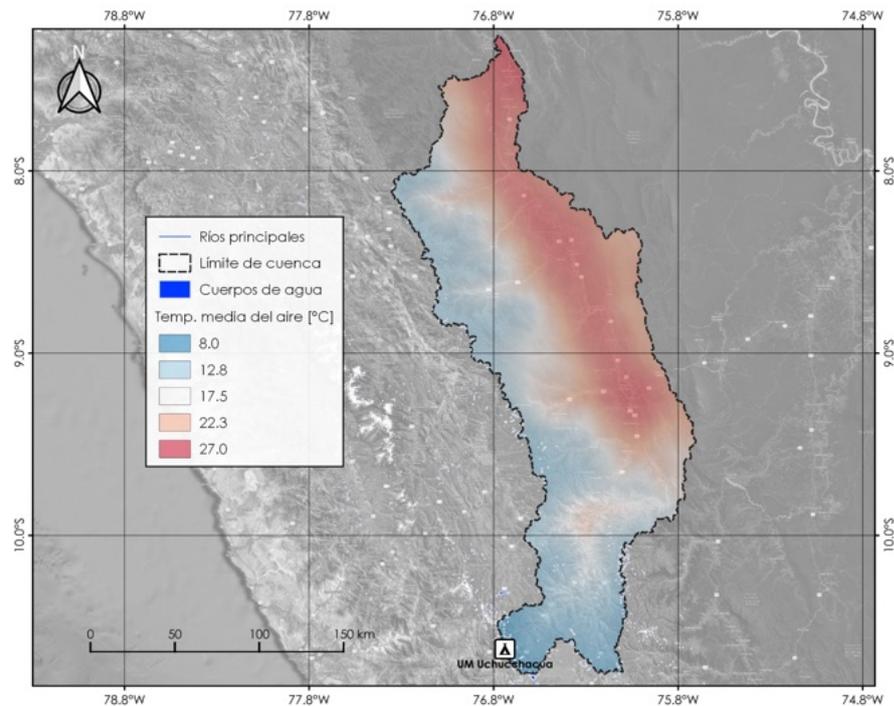
La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 17.5 °C y 19.4°C. Se observa un comportamiento estacional con poca variabilidad, siendo noviembre el mes más cálido y julio el más frío. A nivel espacial, se identifica una marcada gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de mucho menor magnitud (8 °C) en zonas con mayores elevaciones (región andina, sector suroeste) y mayor (27 °C) en la región amazónica de la cuenca (sector noreste).

Figura 38: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la Intercuenca Alto Huallaga



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

Figura 39: Mapa de la temperatura media anual de la Intercuenca Alto Huallaga



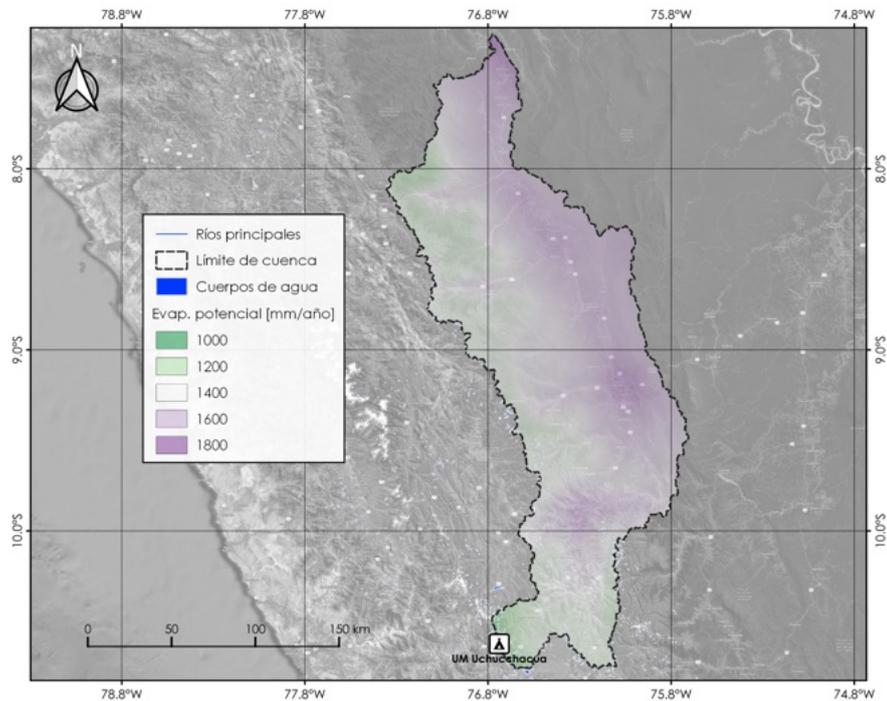
Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.5.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 92 mm/mes y 141 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían en octubre. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el método de Hargreaves-

Samani) sigue un comportamiento similar a la temperatura media del aire, siendo mayor (1800 mm/año) en la cuenca baja y menor (1000 mm/año) en la cuenca alta

Figura 40: Mapa de la evapotranspiración potencial en la Intercuenca Alto Huallaga



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.5.1.5. Ecosistemas

En la Intercuenca Alto Huallaga se pueden identificar 12 grandes zonas de vida. El detalle de estas se muestra a continuación:

Tabla 20: Intercuenca Alto Huallaga: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Nival	4790 - 5289	587 - 1068	-
Bosque húmedo	273 - 1389	1995 - 2960	24 - 26
Bosque muy húmedo	331 - 4223	1256 - 4400	13 - 25
Bosque pluvial	551 - 3921	2607 - 5515	13 - 22
Páramo muy lluvioso	3913 - 4689	855 - 1085	9- 11
Matorral	1801 - 4692	424 - 1553	12 - 15

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Páramo húmedo	1150 - 5407	639 - 2667	9 - 19
Monte y estepa espinosa	2159 - 4695	536 - 1392	11 - 18
Estepa	1976 - 4743	563 - 1527	10 - 18
Bosque seco	1712 - 4415	764 - 1382	12 - 18
Monte espinoso	1826 - 3524	1150 - 1453	18 - 20
Tundra pluvial	4459 - 4978	587 - 639	8 - 10

Fuente: SENAMHI (2017).

5.5.2. Recursos hídricos

5.5.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Puente Tocache para el periodo 1996-2022. La estación Puente Tocache se ubica en la cuenca media baja y permite estimar el escurrimiento de la cuenca.

La intercuenca Alto Huallaga presenta una variación estacional de caudales de tipo unimodal, siendo los meses de creciente entre enero a marzo y los meses de vaciante entre julio y septiembre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (Setiembre-agosto) oscilan entre 405 y 1839,7 m³/s. En años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 4400,7 m³/s (185,7 m³/s).

Figura 41: Intercuenca Alto Huallaga: Caudal promedio mensual (1996-2022)



Fuente: Datos de la Estación Puente Tocache del SENAMHI, extraído de <http://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

5.5.2.2. Aguas subterráneas

Los acuíferos explotados en el Alto Huallaga son el acuífero detrítico aluvial de Tingo María definido por rocas terciarias que constituyen el sustrato de los materiales aluviales y acuífero detrítico aluvial de Palmas de Espino-Tocache con almacenamiento total probable de 1700 hm³. (ANA, 2015e).

Los manantiales en la cuenca de Huallaga afloran principalmente en la cuenca alta, en las provincias de Huánuco, Ambo y Daniel Alcides Carrión. Los más productivos se asocian fundamentalmente a acuíferos fisurados de naturaleza sedimentaria o kárstica (ANA, 2015e).

5.5.2.3. Infraestructura hidráulica

A diferencia de otras zonas, en la Intercuenca Alto Huallaga no se cuenta con infraestructura hidráulica mayor; es decir, con estructuras que por su construcción, operación y mantenimiento resultan de mayor magnitud, complejidad e importancia. La mayor cantidad de estructuras registradas corresponden a canales laterales, canales de derivación, bocatomas, obras de arte, drenes, acueductos y reservorios. El detalle de la infraestructura hidráulica menor se muestra a continuación:

Tabla 21: Intercuenca Alto Huallaga: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	614
Canales de Derivación	607
Canales Laterales	162
Obras de arte	353
Drenes	6
Acueductos	26
Reservorios	9
Total	1777

Fuente: ANA 2023

5.5.3. Aspectos sociales y económicos

La población en la Intercuenca Alto Huallaga, en base a las provincias de mayor cobertura, alcanza los 974 909 habitantes, distribuida entre las provincias de Marañón, Leoncio Prado, Ambo y Huánuco, en el departamento de Huánuco, así como las provincias de Daniel Alcides Carrión en Pasco y

Tocache en San Martín. Los indicadores demográficos se muestran a continuación.

Tabla 22: Intercuenca Alto Huallaga: Características socio - económicas

Provincias (distritos)	Indicadores socio – económico	
	Pobreza monetaria* (%)	Población Económicamente Activa (%)
Marañón	46,16	46,16
Leoncio Prado	41,6	41,6
Ambo	20,1	20,1
Huánuco	59,1	59,1
Dos de Mayo (Marías)	39,8	39,8
Huacaybamba	44,8	44,8
Huamalíes (Jircan y Monzón)	23,3	23,3
Pachitea	55,3	55,3
Pataz (Ongon)	66,7	66,7
Pasco (Ticlayan)	34,6	34,6
Daniel Alcides Carrión	61,7	61,7
Mariscal Cáceres (Campanilla)	28,4	28,4
Tocache	52,3	52,3

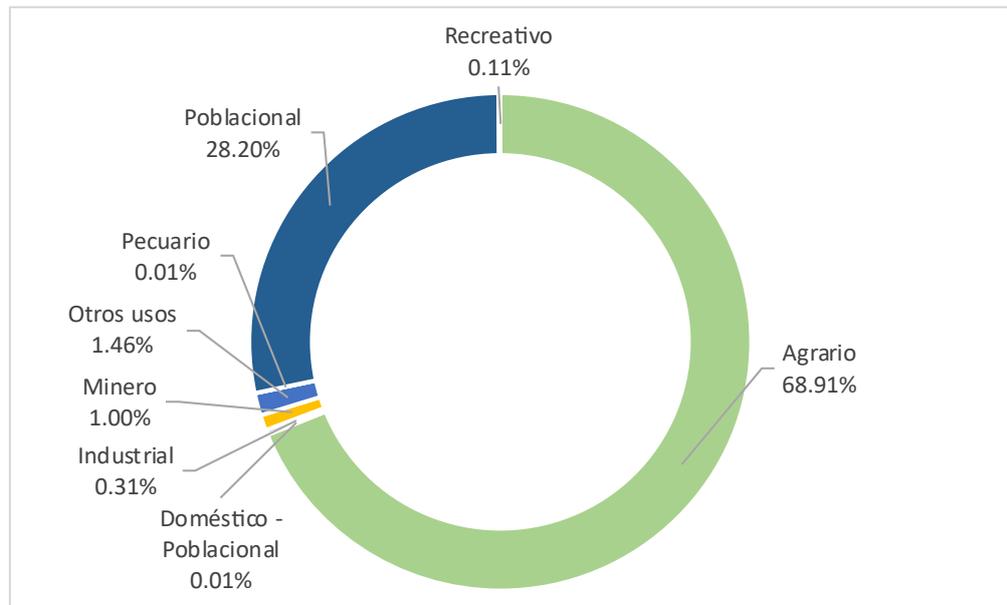
(*) Límite máximo

Fuente: INEI, 2017. INEI, 2020.

5.5.4. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 4 358 hm³, que incluye las categorías de consuntivo y no consuntivo. Con relación al uso consuntivo (490 hm³), el más importante es el de tipo agrario, con el 68,9% del total. El detalle de los usos consuntivos se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 42: Intercuenca Alto Huallaga: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



Fuente: ANA, 2023.

Entre los usos no consuntivos ($3\,820\text{ hm}^3$) destaca el de tipo energético, que comprende el 98,8% del total.

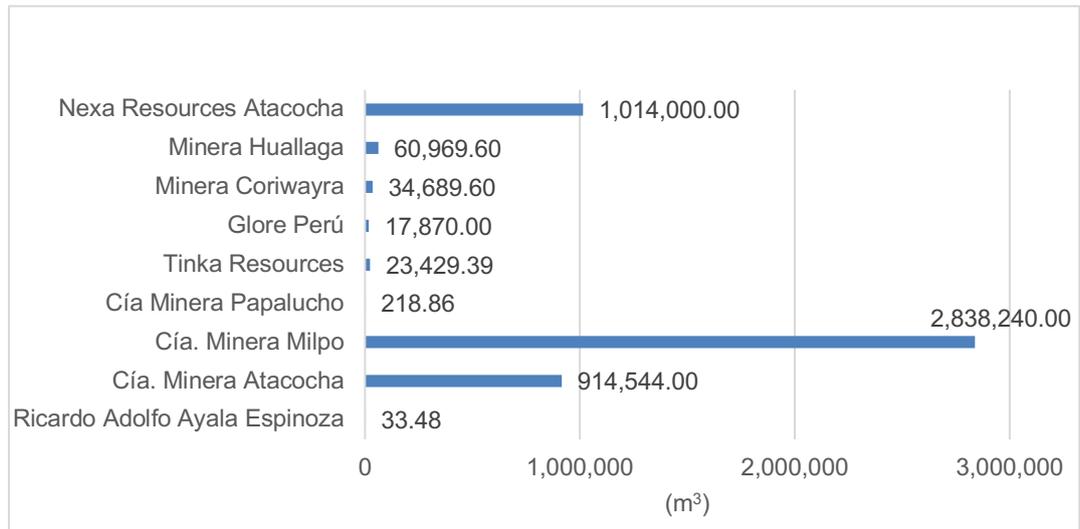
5.5.4.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a $4,903\text{ hm}^3$.

El número de empresas mineras llega a 9, las cuales son:

- Empresa Tinka Resources S.A.C.
- Compañía Minera Atacocha S.A.A.
- Nexa Resources Atacocha S.A.A.
- Glore Peru S.A.C.
- Compañía Minera Milpo S.A.A.
- Minera Coriwayra S.A.C.
- Minera Huallaga S.A.C.
- Concesión Minera Papalucho Uno
- Ricardo Adolfo Ayala Espinoza

Figura 43: Intercuenca Alto Huallaga: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

5.6. Cuenca Mantaro

5.6.1. Características generales

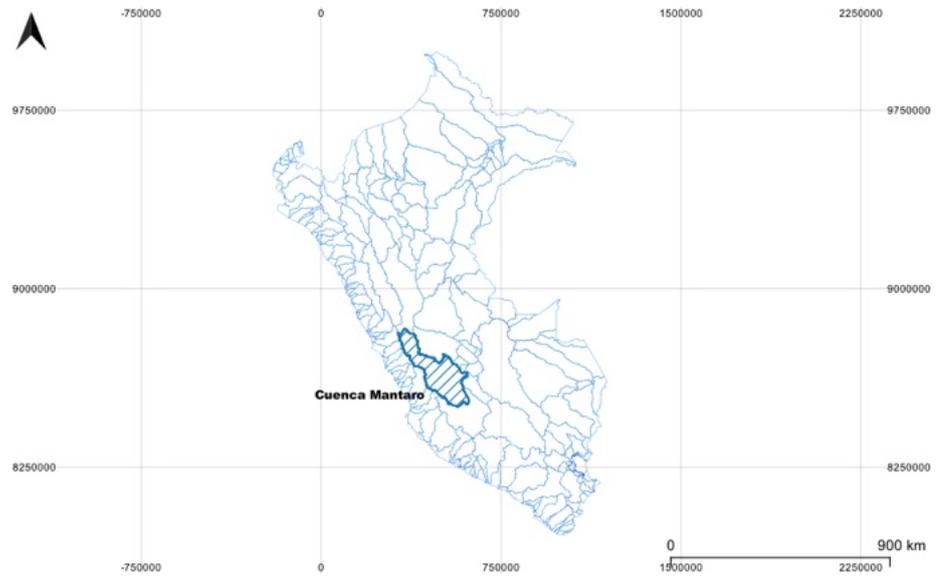
5.6.1.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Mantaro se encuentra entre los paralelos 10°32' y 13°31' de latitud sur, meridianos 76°39' y 74° de longitud oeste, con una altitud que llega hasta los 5617 m.s.n.m. La cuenca se ubica políticamente en el departamento Ayacucho, comprendiendo la provincia Cangallo, Huamanga y Huanta; en el departamento de Huancavelica comprendiendo las provincias de Acobamba, Angaraes, Huancavelica, Huaytará, Tayacaja; en el departamento de Pasco en la provincia Pasco y en el departamento de Junín, comprendiendo las provincias de Chupaca, Concepción, Huancayo, Jauja, Junín, Satipo y Yauli.

En esta unidad hidrográfica se localizan las unidades mineras El Brocal y Julcani. La primera en la unidad hidrográfica San Juan, donde se ubica la quebrada El Cedro, comprende los distritos de: Vicco, Tinyahuarco, Chaupimarca y Simón Bolívar (provincia de Pasco) y Yanahuanca, Vilcabamba, Chacadan y Santa Ana de Tusi (provincia de Daniel Alcides Carrión) del departamento de Pasco.

Y la segunda, en la unidad hidrográfica Huachocolpa, que incluye a la cuenca Colorado, en los distritos de: Huachocolpa, Huancavelica, (provincia de Huancavelica) y Ccochaccasa y Lircay (provincia de Angaraes) del departamento de Huancavelica.

Figura 44: Mapa de ubicación de la cuenca Mantaro



Las características geomorfológicas que definen la hidrología local se muestran a continuación:

Tabla 23: Cuenca Mantaro: Parámetros geomorfológicos

Parámetro geomorfológico	Unidad	Valor
Superficie	km ²	34 363
Perímetro	km	1530,4
Longitud cauce principal	km	768,84
Pendiente media cauce principal	Adimensional	0,5
Ancho promedio	km	44,69
Coefficiente de compacidad	Adimensional	2,33
Rectángulo equivalente - L	km	713,3
Rectángulo equivalente - l	km	47,91
Tiempo de concentración	min	5093

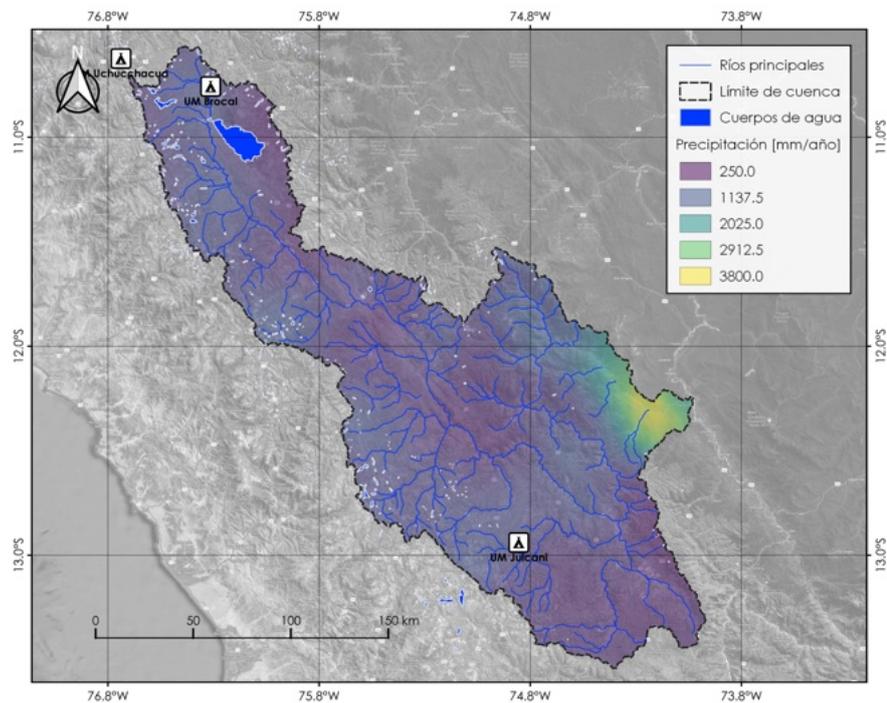
Fuente: ANA, 2023

En la cuenca cruza la cordillera de los andes donde se encuentran la Cordillera de La Viuda, Huaytapallana y Ticlio, con una serie de montañas y macizos volcánicos, mesetas, seguido por el valle interandino del Mantaro y depresiones cubiertas por turberas, aguajales, material fluvio glaciar y aluvial, así como terrazas escalonadas (ANA, 2015f).

5.6.1.2. Precipitación

La precipitación media mensual promedio de la cuenca oscila entre 10 mm/mes y 150 mm/mes. Presenta un comportamiento estacional unimodal, con picos de lluvia entre enero-marzo, y las menores tasas de precipitación en julio y agosto. A nivel espacial, se observan mayores tasas de precipitación media anual (3800 mm/año) hacia en la región amazónica de la cuenca (sector sureste de la cuenca) y menores tasas (250 - 1000 mm/año) sobre la región andina (sector central y oeste).

Figura 45: Mapa de la precipitación media anual de la cuenca Mantaro

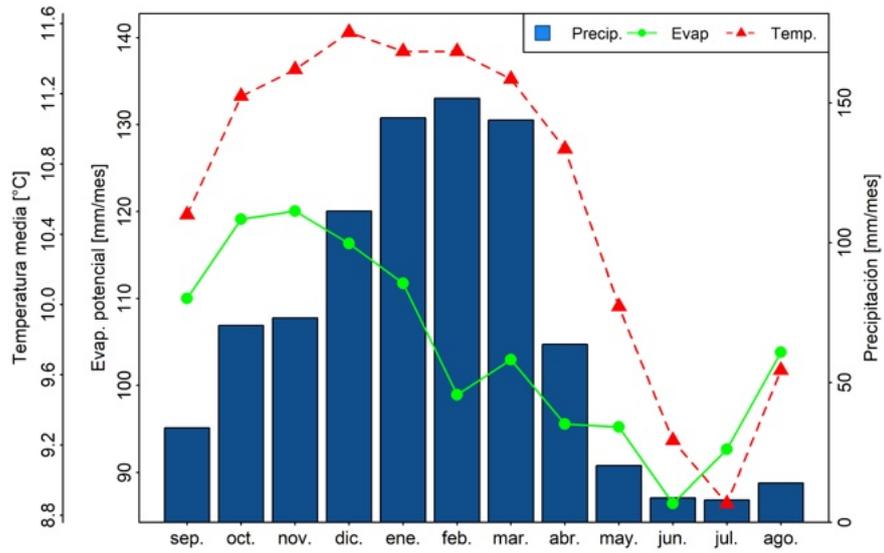


Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.6.1.3. Temperatura

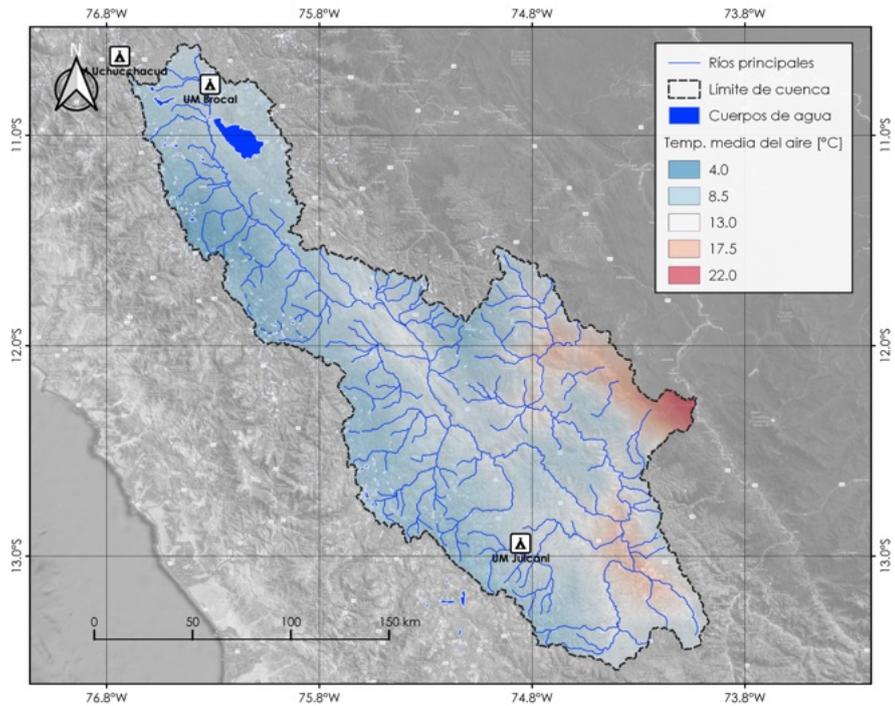
La temperatura del aire media mensual promedio en la cuenca oscila entre 8,8 °C y 11,6 °C. Se observa un comportamiento estacional con poca variabilidad, siendo diciembre el mes más cálido y julio el más frío. A nivel espacial, se observa una marcada gradiente altitudinal negativa, siendo la temperatura media de mucho menor magnitud (4 °C) en zonas con mayores elevaciones (región andina, sector central y oeste) y mayor (22 °C) en la región amazónica de la cuenca (sector este).

Figura 46: Variación de la temperatura y precipitación media mensual de la cuenca Mantaro



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

Figura 47: Mapa de la temperatura media anual de la cuenca Mantaro

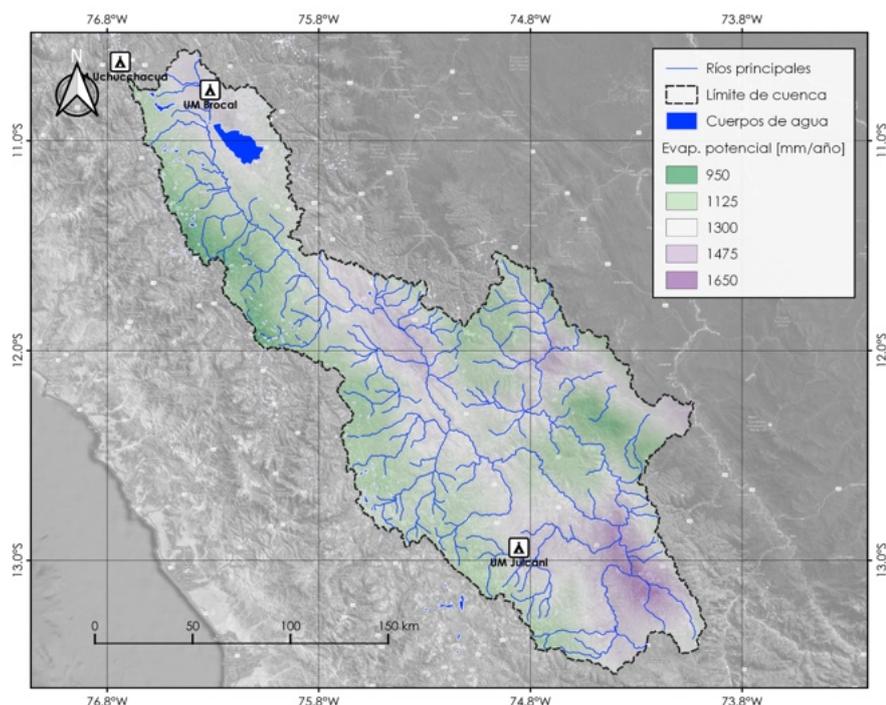


Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.6.1.4. Evapotranspiración potencial

A nivel mensual, la evapotranspiración potencial en la cuenca oscilaría entre 87 mm/mes y 120 mm/mes. Las mayores tasas de evapotranspiración se producirían entre los meses de octubre a noviembre. A nivel espacial, la evapotranspiración potencial (estimada por el método de Hargreaves-Samani) sigue un comportamiento similar a la temperatura media del aire, siendo mayor (1650 mm/año) en la cuenca baja y menor (950 mm/año) en la cuenca alta

Figura 48: Mapa de la evapotranspiración potencial en la cuenca Mantaro



Basado en el producto PISCO (1981-2016)

5.6.1.5. Ecosistemas

En la cuenca Mantaro se pueden identificar 10 grandes zonas de vida. El detalle de estas se muestra a continuación:

Tabla 24: Cuenca Mantaro: Principales ecosistemas y sus características

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Bosque pluvial	547 - 3908	3586 - 6394	13 - 20
Nival	4810 - 5617	996 - 1304	6 - 8
Bosque muy húmedo	463 - 4588	1982 - 3572	11 - 22
Páramo húmedo	1003 - 5074	381 - 2324	6 - 17

Ecosistema	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Páramo muy lluvioso	3566 - 5093	897 - 1384	5 - 11
Estepa	2069 - 4997	451 - 2591	7 - 14
Matorral	3601 - 4919	422 - 1375	7 - 11
Monte y estepa espinosa	1749 - 4618	914 - 1737	9 - 14
Bosque seco	1198 - 4372	511 - 1737	10 - 17
Tundra pluvial	4249 - 5076	734 - 1327	5 - 8

Fuente: SENAMHI (2017).

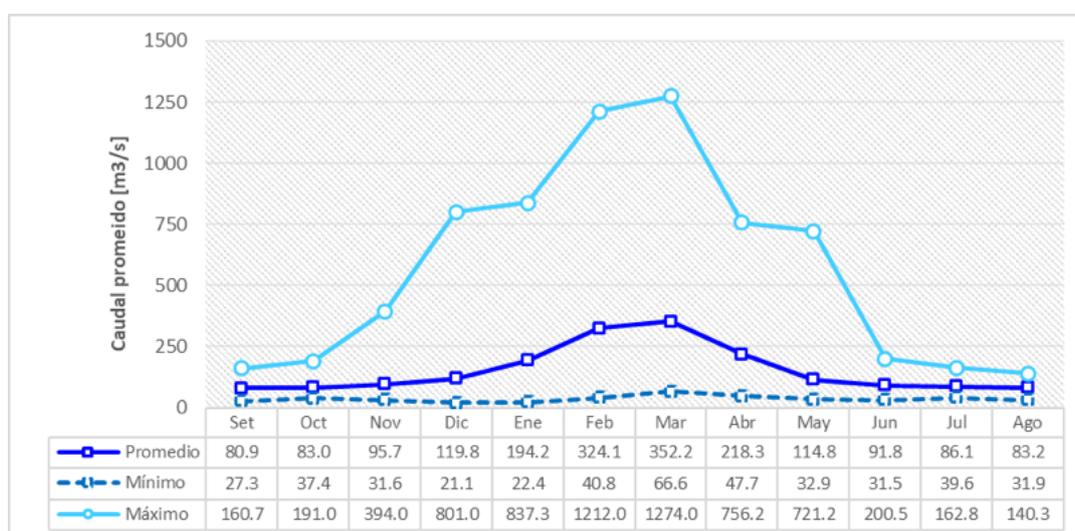
5.6.2. Recursos hídricos

5.6.2.1. Escorrentía

El cálculo de los caudales promedio mensuales se realizó en base al análisis de datos de la estación hidrológica Puente Stuart para el periodo 1974-2023. La estación Puente Stuart se ubica en la cuenca media alta y permite estimar el escurrimiento de la cuenca de este sector.

La cuenca Mantaro presenta una variación estacional de caudales de tipo unimodal, siendo los meses de avenidas entre enero a abril y los meses de estiaje entre junio a octubre. Los caudales promedio mensuales que se presentan a lo largo del año hidrológico (setiembre-agosto) oscilan entre 80,9 y 352,2 m³/s. En años muy húmedos (secos) los caudales promedio mensuales alcanzaron los 1274 m³/s (21,1 m³/s).

Figura 49: Cuenca Mantaro: Caudal promedio mensual (1974-2023)



Fuente: Datos de la Estación Puente Stuart de la empresa Electroperú, extraído de <http://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

5.6.2.2. Aguas subterráneas

El acuífero detrítico Huancayo está constituido por los depósitos glacioaluviales del valle del curso medio del río Mantaro con una superficie estimada de 394 km², así como espesores del orden de 60 m – 70 m; en el entendido que el mayor espesor de los depósitos glacioaluviales se da en la zona de las confluencias de los ríos Mantaro, Cunas y Shullcas a la altura de Huancayo (ANA, 2015f). El volumen de agua total contenida en el acuífero estimada es de 670 hm³ (ANA, 2015f).

5.6.2.3. Infraestructura hidráulica

En la cuenca se ubican obras de infraestructura mayor operadas por la empresa Electroperú, Statkraft y Proyecto Cachi, que permiten la regulación y trasvase de las aguas. La mayor cantidad de estructuras registradas corresponden a canales laterales, canales de derivación, bocatomas, obras de arte, drenes, acueductos y túneles. El detalle de la infraestructura hidráulica se muestra a continuación:

Tabla 25: Cuenca Mantaro: Inventario de infraestructura hidráulica

Tipo de Infraestructura	N° de Infraestructuras
Bocatomas	2628
Canales de Derivación	2543
Canales Laterales	3857
Obras de arte	4945
Drenes	2
Acueductos	186
Túneles	16
Reservorios	126
Total	14303

Fuente: ANA 2023

5.6.3. Aspectos sociales y económicos

La población en la cuenca Mantaro, en base a las provincias de mayor cobertura, alcanza los 1 754 058 habitantes, distribuida en el departamento Ayacucho, comprendiendo la provincia Cangallo, Huamanga y Huanta; en el departamento de Huancavelica comprendiendo las provincias de Acobamba, Angaraes, Huancavelica, Huaytará, Tayacaja; en el departamento de Pasco en la provincia Pasco y en el departamento de Junín, comprendiendo las provincias de Chupaca, Concepción, Huancayo, Jauja, Junín, Satipo y Yauli. Los indicadores demográficos se muestran a continuación.

Tabla 26: Cuenca Mantaro: Características socio - económicas

Provincias (distritos)	Indicadores socio – económico	
	Pobreza monetaria (%)	Población Económicamente Activa (%)
Pasco	32,5	54,2
Huancayo	14,4	58,6
Concepción	32,1	53,7
Jauja	27,7	54,0
Junín	42,0	50,3
Satipo	39,1	58,2
Yauli	15,7	62,0
Chupaca	24,9	62,0
Huancavelica	36,9	48,7
Acobamba	46,2	45,7
Angaraes	52,8	40,9
Huaytará (Pilpichaca)	-	45,4
Churcampa	45,3	45,7
Tayacaja	47,5	50,1
Huamanga	27,4	57,4
Huanta	48,6	55,1

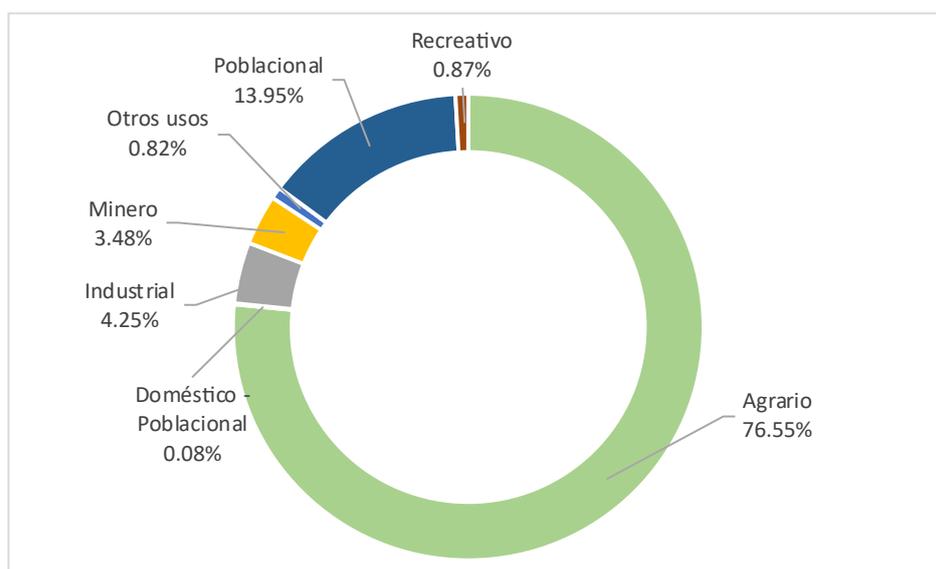
(*) Límite máximo

Fuente: INEI, 2017. INEI, 2020.

5.6.4. Distribución de los recursos hídricos en la cuenca

En la cuenca el uso de agua llega hasta 17 455 hm³, que incluye las categorías de consuntivo y no consuntivo. Con relación al uso consuntivo (1624 hm³), el más importante es el de tipo agrario, con el 76,6% del total. El detalle de los usos consuntivos se muestra en el gráfico siguiente:

Figura 50: Cuenca Mantaro: Distribución de los volúmenes de agua asignados en derechos de uso de agua



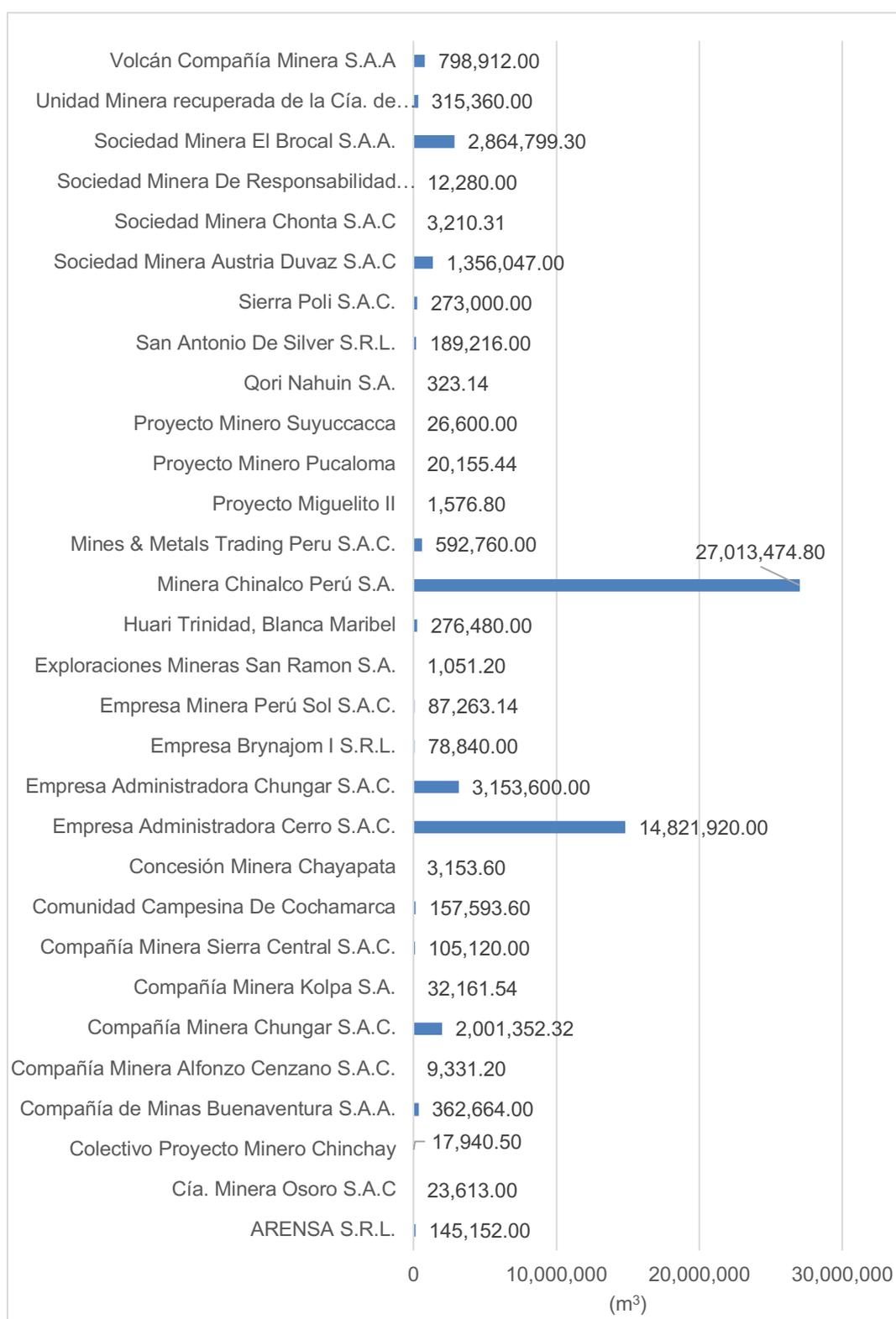
Fuente: ANA, 2023.

Entre los usos no consuntivos (15 830 hm³) destaca el de tipo energético, que comprende el 97,8% del total. Cabe destacar que en esta cuenca se genera más del 30 % de hidroenergía del país.

5.6.4.1. Asignación de recursos hídricos para el sector minero

En la cuenca, se han otorgado derechos de agua para uso de agua con fines mineros. Del registro analizado se encuentra que en el sector el volumen total otorgado asciende a 56,479 hm³. El número de empresas mineras llega a 30, cuyas asignaciones hídricas se detallan a continuación:

Figura 51: Cuenca Mantaro: Distribución de las asignaciones hídricas con fines mineros



Fuente: ANA, 2023

6. Sección 2: Indicadores de riesgo hídrico

En esta sección se presentan los resultados del desarrollo de los indicadores de peligrosidad y vulnerabilidad por unidad minera.

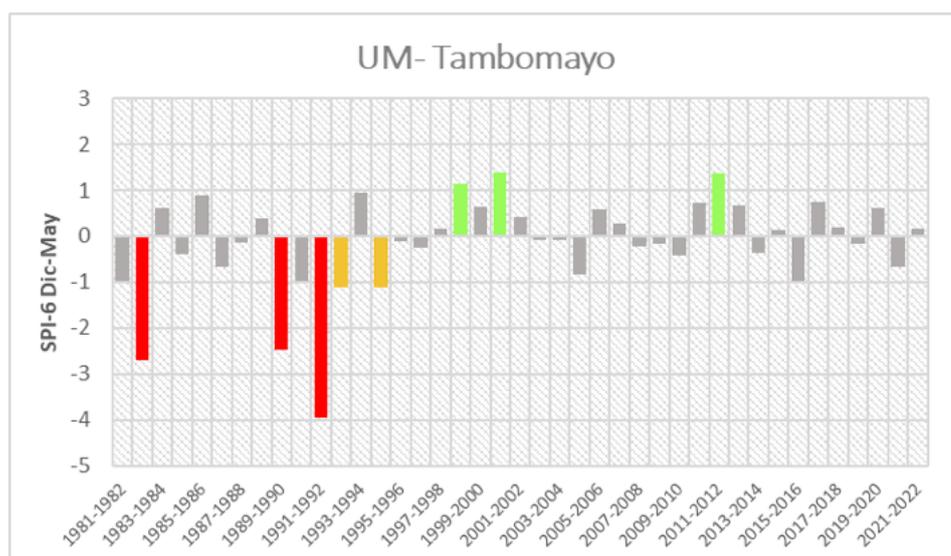
6.1. Nivel de peligro a nivel de las cuencas

6.1.1. Índice Estandarizado de Precipitación

Este indicador describe los déficits de precipitación pluvial en las unidades hidrográficas de análisis donde se ubica la unidad minera para el periodo diciembre - mayo. A continuación se presentan los resultados obtenidos por unidad hidrográfica asociada a la unidad minera:

- Unidad minera Tambomayo: cuenca Molloco
En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca de Molloco ubicada dentro de la cabecera de cuenca Camaná en Arequipa. En el periodo evaluado (1981-2022), han ocurrido cinco (5) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1982-1983, 1989-1990 y 1991-1992) y “moderadamente secas” (1992-1993 y 1994-1995). El registro más extremo alcanzó el valor de -3.95 (1991-992).

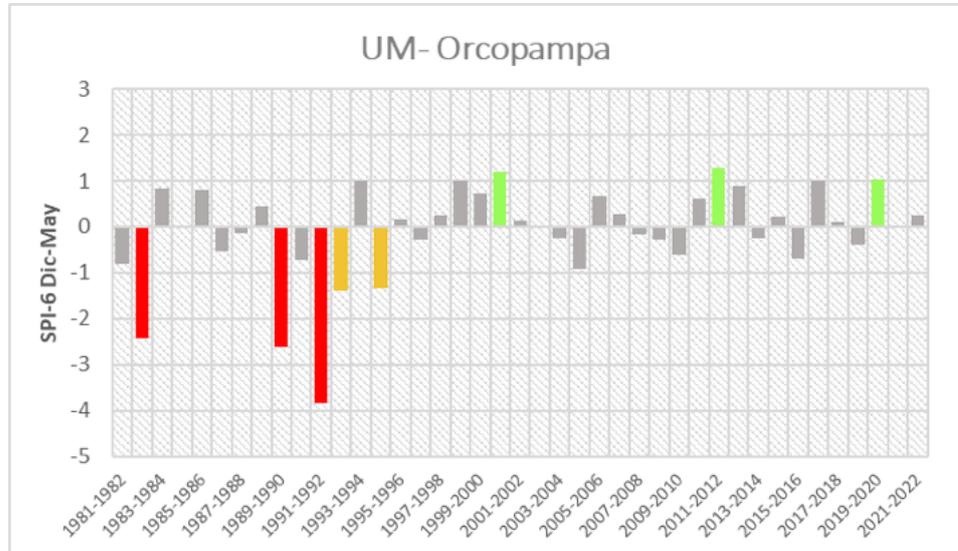
Figura 52: Unidad minera Tambomayo. Cuenca Molloco. SPI 6 meses 1981-2022



- Unidad minera Orcopampa: cuencas Chilcaimarca y Orcopampa
En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Chilcaimarca y Orcopampa ubicadas dentro de la cabecera de la cuenca Camaná, en Arequipa. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido cinco (5) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1982-83, 1989-90 y 1991-92) y

“moderadamente secas” (1992-93 y 1994-95). El registro más extremo alcanzó el valor de -3.86 (1991-92).

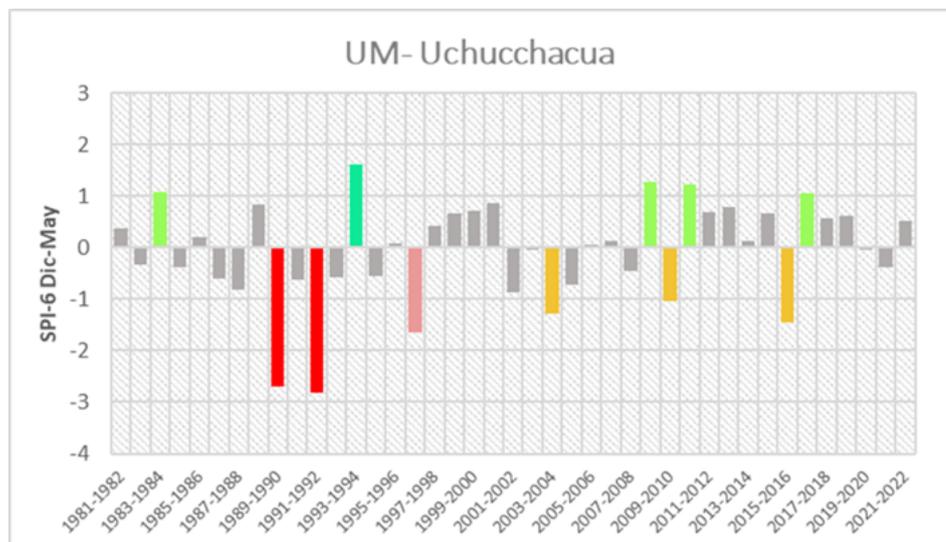
Figura 53: Unidad minera Orcopampa. Cuencas Chilcaimarca y Orcopampa. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Unidad minera Uchucchacua

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó las cuencas Patón y San Juan Baños ubicadas dentro de la cabecera de la cuenca Huaura e intercuenca Alto Huallaga, en Lima y Pasco, respectivamente. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido seis (6) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1989-90 y 1991-92), “severamente secas” (1996-97) y “moderadamente secas” (2003-04, 2009-10 y 2015-16). El registro más extremo alcanzó el valor de -2.82 (1991-92).

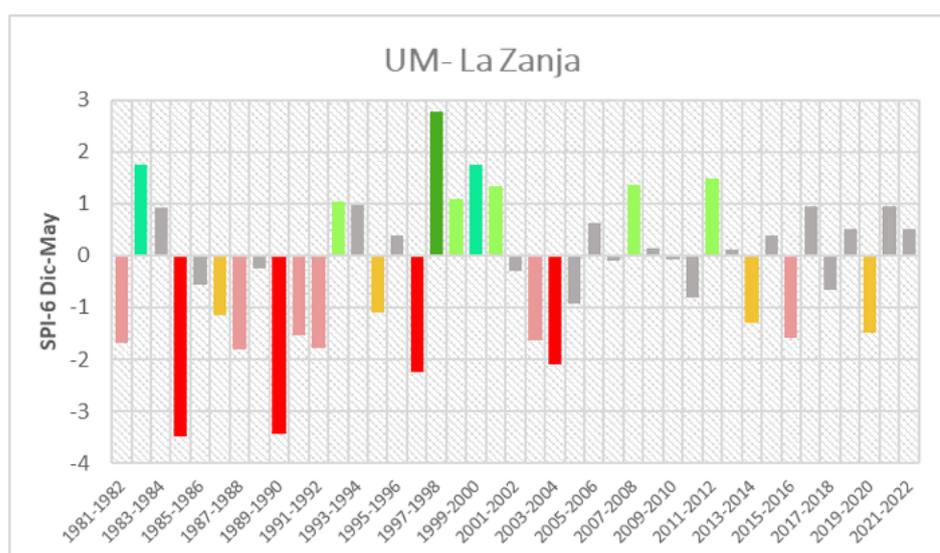
Figura 54: Unidad minera Uchucchacua. Cuencas río Patón y San Juan de Baños. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Unidad minera La Zanja

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Cañad ubicada dentro de la cabecera de la cuenca Chancay-Lambayeque, en Cajamarca. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido catorce (14) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1984-85, 1989-90, 1996-97 y 2003-04), “severamente secas” (1981-82, 1987-88, 1990-91, 1991-92, 2002-03 y 2015-16) y “moderadamente secas” (1986-87, 1994-95, 2013-14 y 2019-20). El registro más extremo alcanzó el valor de -3.49 (1984-85).

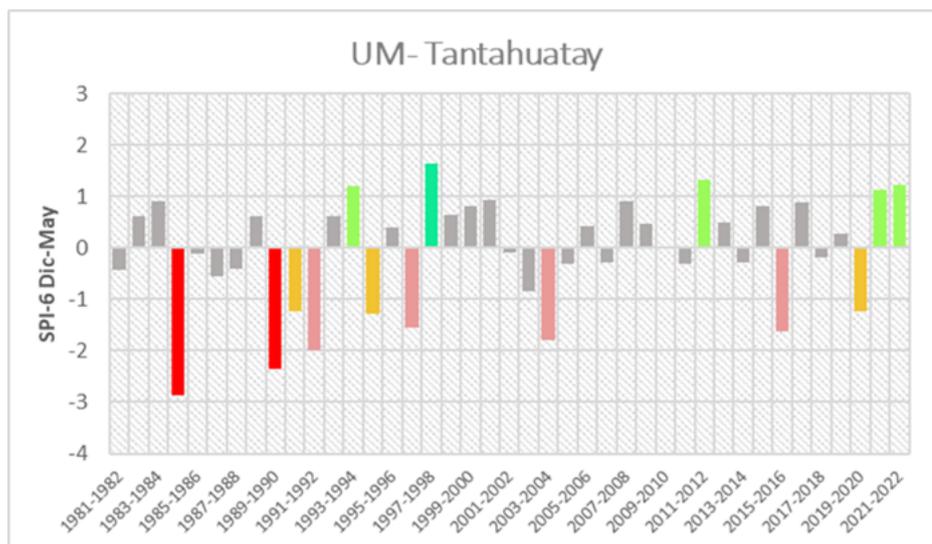
Figura 55: Unidad minera La Zanja. Cuenca Cañad. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Unidad minera Tantahuatay

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó las cuencas de San Juan y La Quebrada ubicadas dentro de la cabecera de la cuenca Chancay-Lambayeque y la intercuenca Alto Marañón IV, respectivamente, en Cajamarca. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido nueve (9) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1984-85 y 1989-90), “severamente secas” (1991-92, 1996-97, 2003-04 y 2015-16) y “moderadamente secas” (1990-91, 1994-95 y 2019-20). El registro más extremo alcanzó el valor de -2.88 (1984-85).

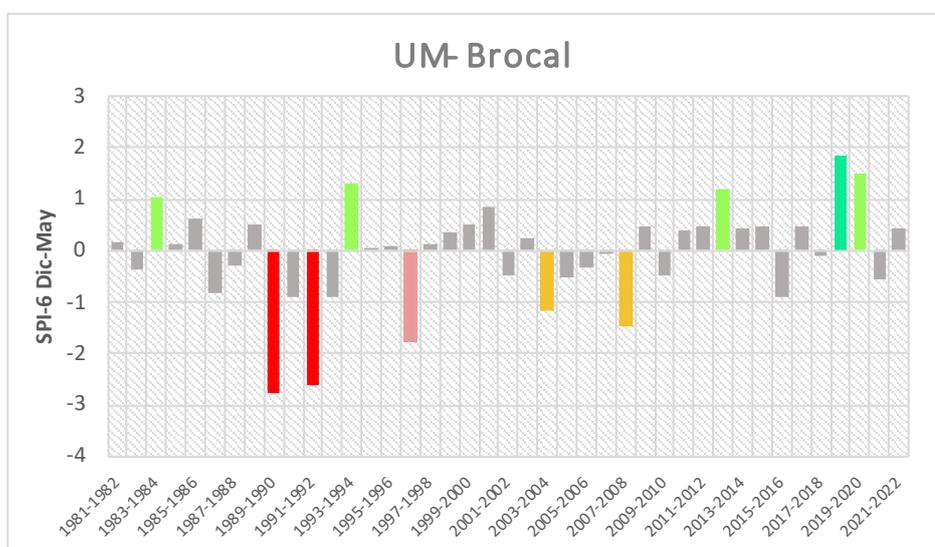
Figura 56: Unidad minera Tantahuatay. Cuencas San Juan y La Quebrada. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Unidad minera El Brocal

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río San Juan ubicada dentro de la cabecera de la cuenca Mantaro en Pasco. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido cinco (5) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1989-90 y 1991-92), “severamente secas” (1996-97) y “moderadamente secas” (2003-04 y 2007-08). El registro más extremo alcanzó el valor de -2.78 (1989-90).

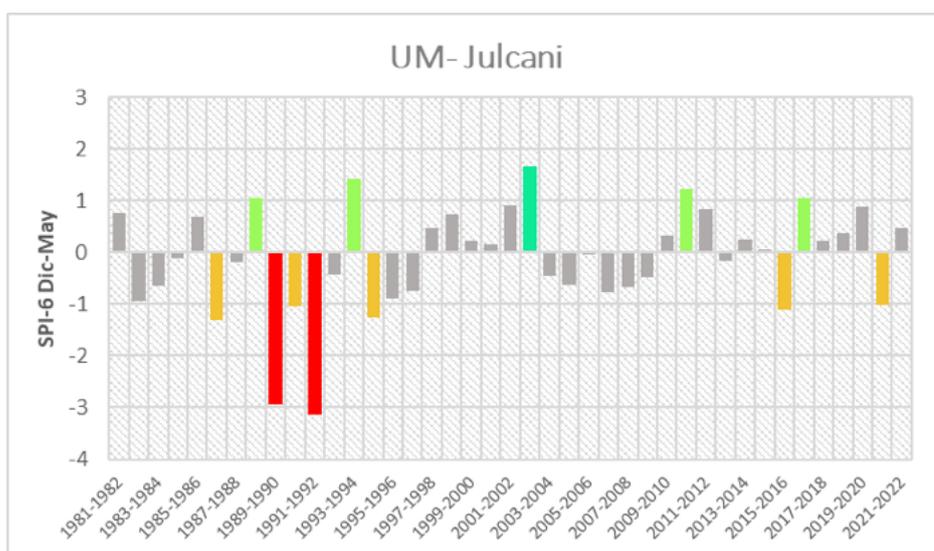
Figura 57: Unidad minera El Brocal. Cuenca San Juan. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Unidad minera Julcani

En esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Huachocolpa ubicada dentro de la cabecera sur de la cuenca Mantaro en Huancavelica. En el periodo evaluado de 1981-2022, han ocurrido siete (7) eventos de sequía. Se identificaron sequías del tipo “extremadamente secas” (1989-90 y 1991-92), y “moderadamente secas” (1986-87, 1990-91, 1994-95, 2015-16 y 2020-21). El registro más extremo alcanzó el valor de -3.13 (1991-92).

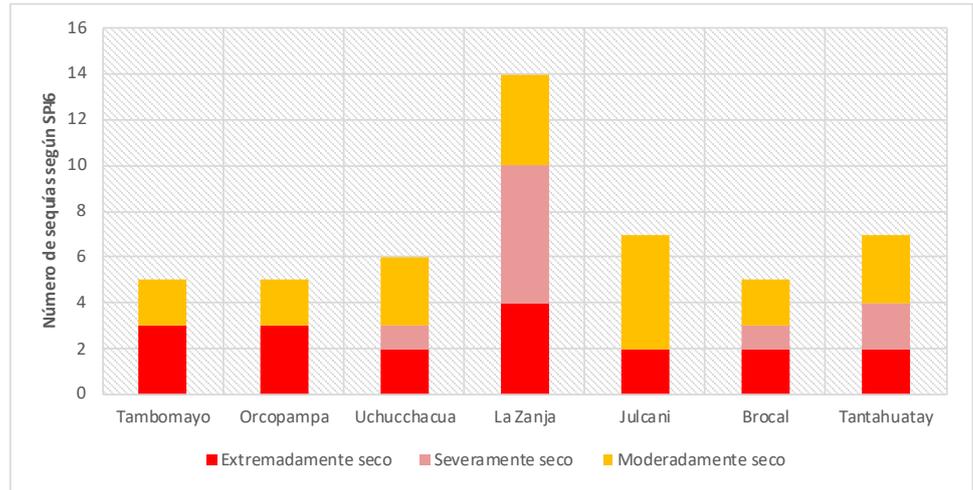
Figura 58: Unidad minera Julcani. Cuenca Huachocolpa. SPI 6 meses 1981 - 2022



- Evaluación global

En el periodo evaluado (1981-2022), las unidades mineras evaluadas presentan en promedio un 70% de años hidrológicos de tipo normal, variando entre 46% a 81% del total de años evaluados. El número de años secos oscila entre 5 a 14, correspondiendo con menos del 34% del periodo analizado. La unidad minera La Zanja es la que presenta la mayor cantidad de sequías (14) principalmente del tipo “severamente seco”. Por otro lado, las unidades mineras de Julcani y Tantahuatay registraron el segundo mayor número de años secos (07).

Figura 59: Número de sequías ocurridas según SPI-6 meses por unidad minera (1981-2020)



En resumen, se observa que las unidades mineras de la zona sur como Tambomayo y Orcopampa, presentan similar frecuencia de eventos “extremadamente secos” y “moderadamente secos”. Mientras que las unidades mineras de la zona norte y centro como Uchucchacua, El Brocal y Tantauatay, muestran dos eventos “extremadamente secos” y al menos un evento “severamente seco”. En la mayoría de las unidades mineras, los años secos se presentaron antes de 1998, lo que podría ser un signo de un periodo seco.

Finalmente, de la suma ponderada de los años secos se observa en la tabla siguiente, se obtiene que la unidad minera La Zanja es la de mayor peligrosidad, seguidas por las unidades mineras Tambomayo, Orcopampa, Uchucchacua, Tantauatay, Brocal y Julcani.

Tabla 27: Evaluación del nivel de peligro asociado al SPI

Unidad Minera	Número de años			Puntaje	Evaluación del peligro hídrico
	Extremadamente seco	Severamente seco	Moderadamente seco		
Tambomayo	3	0	2	11	1
Orcopampa	3	0	2	11	1
Uchucchacua	2	1	3	11	1
La Zanja	4	6	4	28	3
Tantauatay	2	2	3	13	1
Brocal	2	1	2	10	1
Julcani	2	0	5	11	1

Por otro lado, sobre la base de los Escenarios Climáticos al 2050 en el Perú elaborado por SENAMHI, el ciclo anual de las precipitaciones al 2050 muestran reducciones entre 0 a -15% en la sierra sur occidental, donde se ubican en las unidades mineras de Orcopampa, Tambomayo.

Mientras que, para ese mismo horizonte se tiene un escenario de incrementos de la precipitación media anual en la costa y sierra norte, entre 0 a 15 %, donde se localizan las unidades mineras de Uchucchacua, El Brocal y Julcani, así como entre 15 a 30% en La Zanja y Tantahuatay.

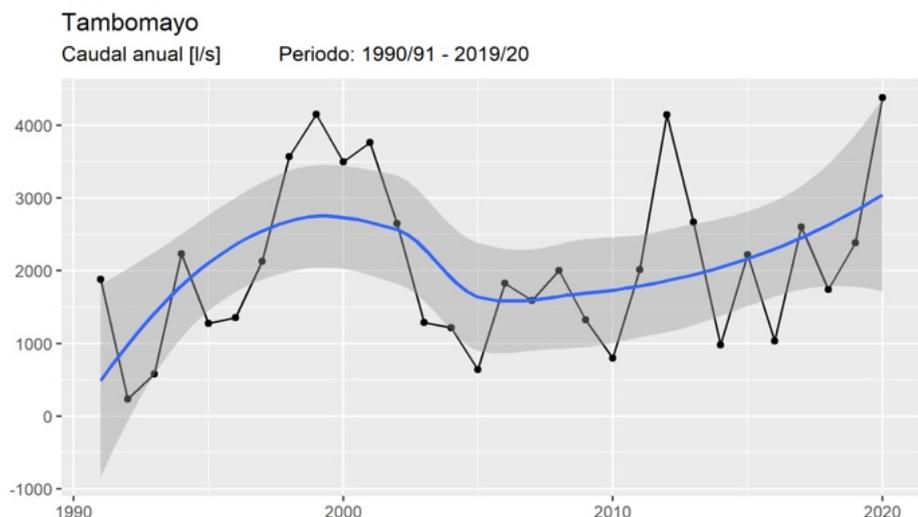
6.1.2. Tendencia de caudales

Este indicador describe la oferta de agua superficial en las unidades hidrográficas de análisis donde se ubican las unidades mineras A continuación se presentan los resultados obtenidos por unidad hidrográfica asociada a la unidad minera:

- Unidad minera Tambomayo

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río Molloco se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 5000 l/s, con años secos al inicio de la década de los 90 y años húmedos como el 1998/99, 2000/01, 2011/12 y 2019/20. Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 60: Unidad minera Tambomayo. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Unidad minera Orcopampa

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Chilcaimarca (oeste) y Orcopampa (este) ubicadas dentro de la cabecera de la cuenca Camaná, en Arequipa.

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río Chilcaimarca (oeste) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 14000 l/s, con años secos al inicio de la década de los 90 y años húmedos como el 1998/99, 2000/01, 2011/12 y 2019/20. Mientras que en la cuenca del río Orcopampa (este) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 4000 l/s, con años secos y húmedos similar a los de la zona oeste.

Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base a la prueba estadística de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 61: Unidad minera Orcopampa. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)

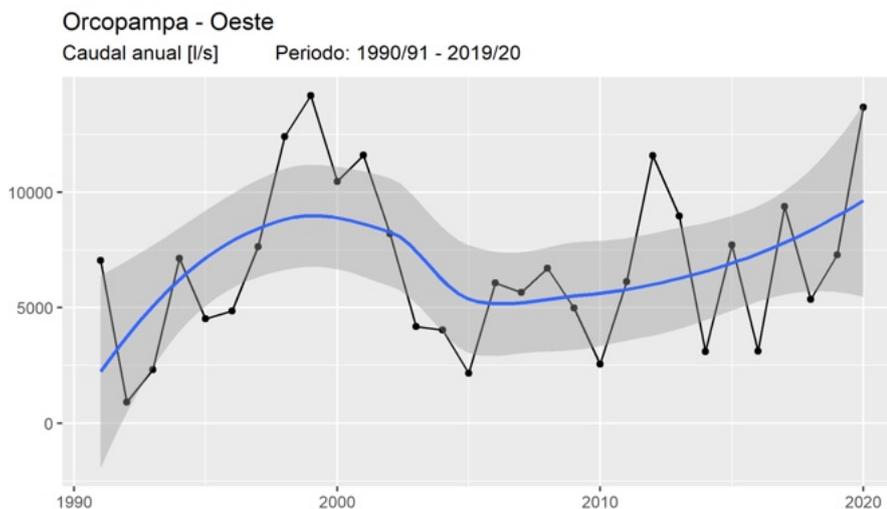
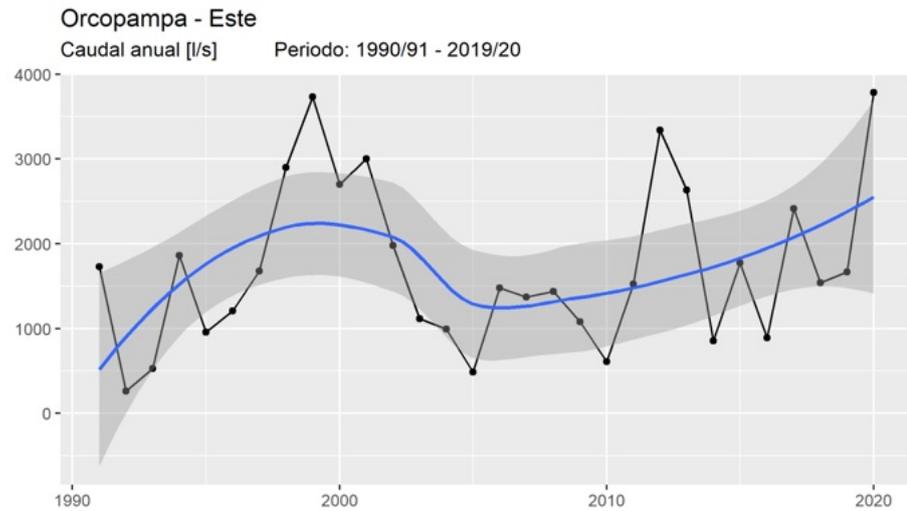


Figura 62: Unidad minera Orcopampa. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Unidad minera Uchucchacua

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Patón (suroeste) y San Juan Baños (noreste) ubicadas dentro de la cabecera de la cuenca Huaura e intercuenca Alto Huallaga, en Lima y Pasco, respectivamente.

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río Patón (suroeste) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 2500 l/s, con años secos al inicio de la década de los 90 y años húmedos como el 1993/94, 1997/98 (El Niño), 2008/09 y 2016/17 (El Niño). Mientras que en la cuenca del río San Juan Baños (noreste) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 3500 l/s, con años secos y húmedos similar a los de la zona oeste.

Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 63: Unidad minera Uchucchacua. Zona suroeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)

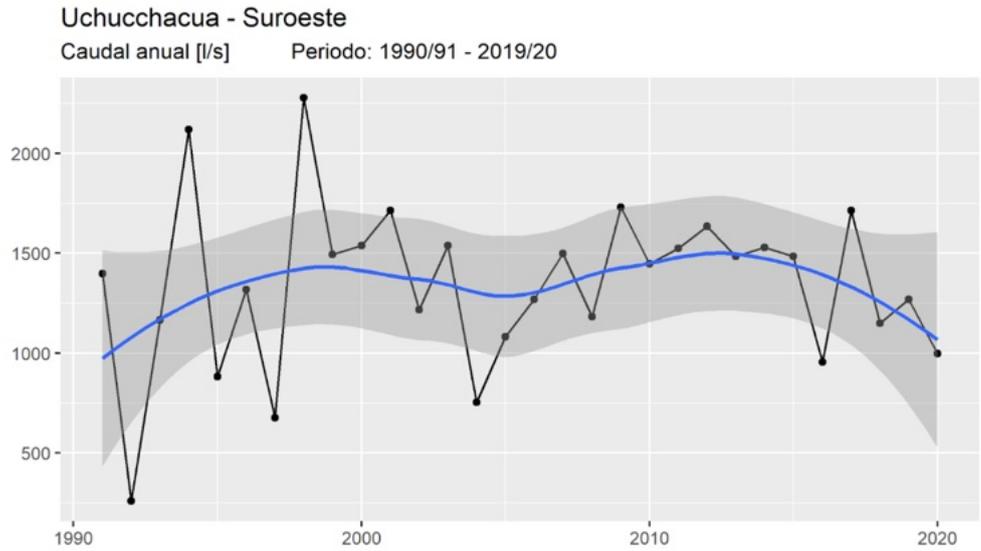
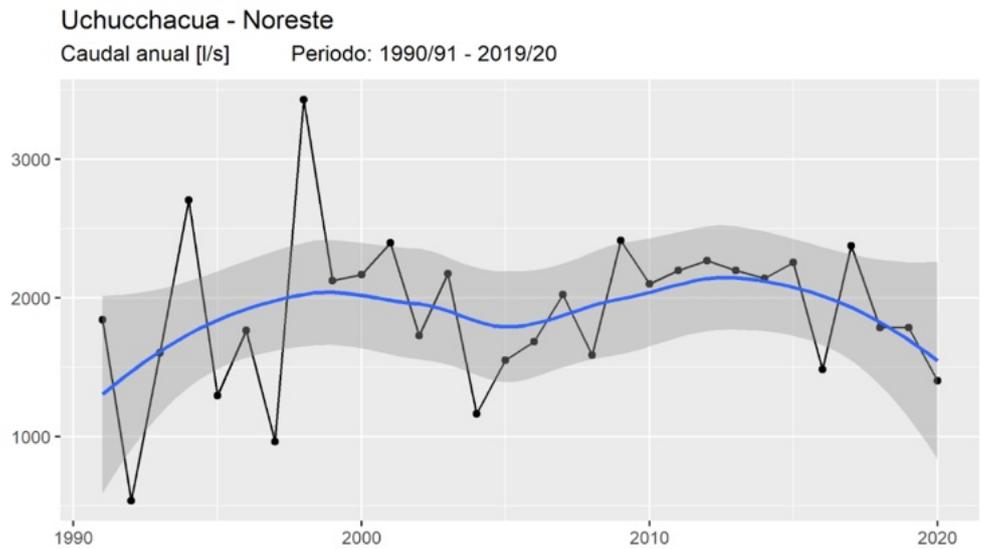


Figura 64: Unidad minera Uchucchacua. Zona noreste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- **Unidad minera La Zanja**

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca del río Cañad, tributarios del este y oeste, ubicada dentro de la cabecera de la cuenca Chancay-Lambayeque, en Cajamarca.

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río Cañad, en los sectores oeste y este, se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 6000 l/s y 8000 l/s, respectivamente. Hubo años secos al inicio de la década de los 90 y años muy húmedos como 1997/98 (El Niño).

Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 65: Unidad minera La Zanja. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)

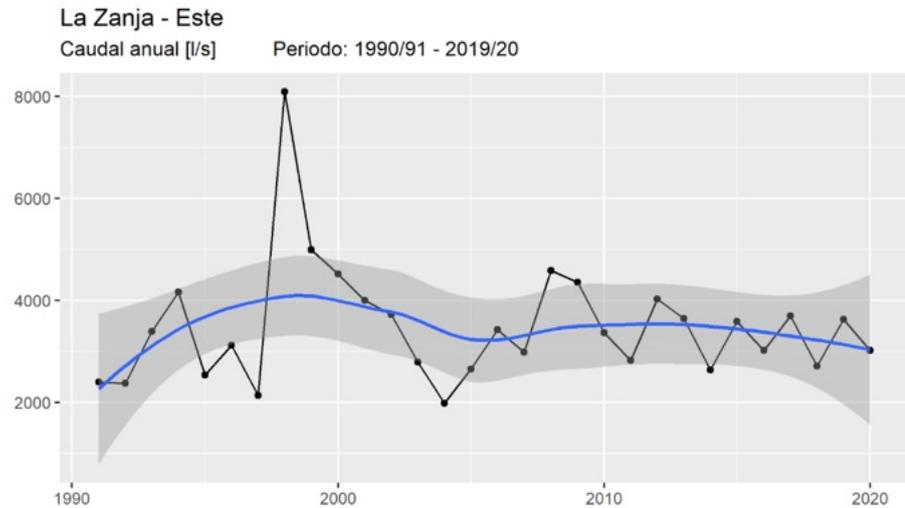
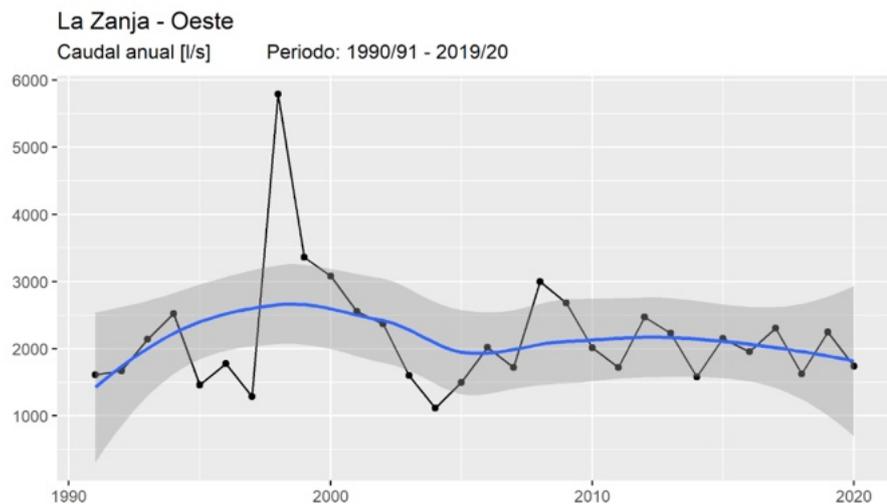


Figura 66: Unidad minera La Zanja. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Unidad minera Tantahuatay
En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca La Quebrada (este) y San Juan (oeste) ubicadas dentro de la cabecera de la Intercuenca Alto Marañón IV y Chancay- Lambayeque, respectivamente, en Cajamarca.

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río La Quebrada (sector este) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 2200 l/s, con años secos al inicio de la década de los 90 y

años muy húmedos como 1997/98 (El Niño). Mientras que en la cuenca del río San Juan (oeste), se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 6000 l/s, secos al inicio de la década de los 90 y años muy húmedos como 1993/94, 1997/98 (El Niño), 2007/08 y 2008/09.

Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 67: Unidad minera Tantahuatay. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)

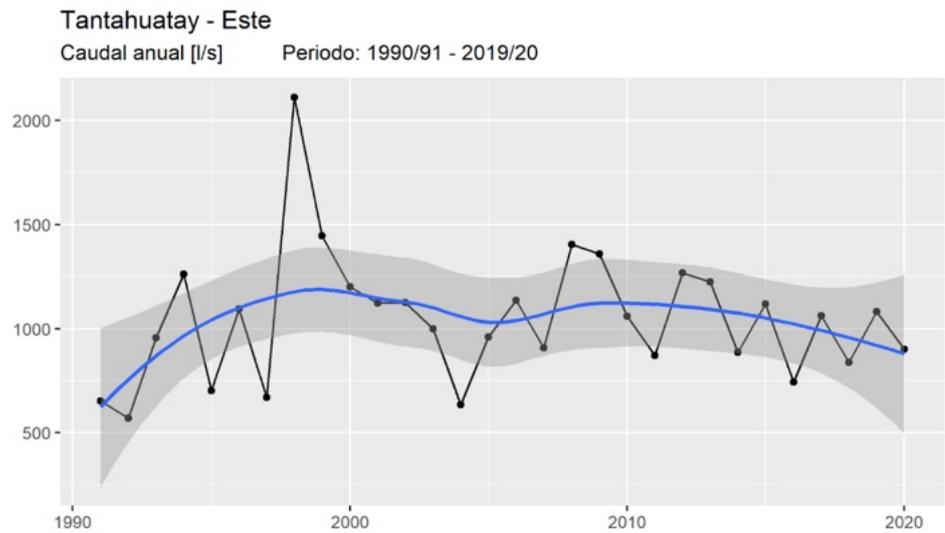
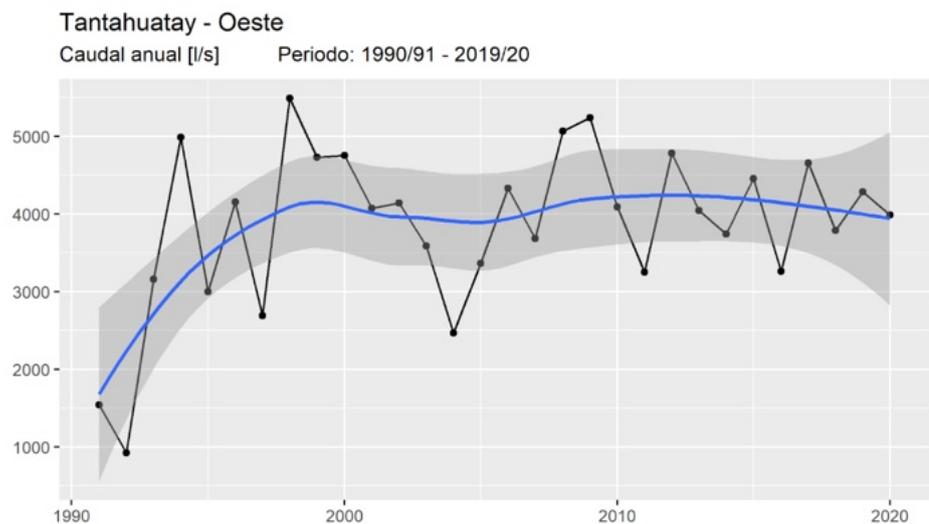


Figura 68: Unidad minera Tantahuatay. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Unidad minera Brocal

En el ámbito de esta unidad minera se evaluó la cuenca La Quebrada (este y oeste) ubicada dentro de la cabecera de la cuenca Mantaro en Pasco.

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río La Quebrada (sector oeste) se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 6000 l/s, con años secos en la década de los 90 y años muy húmedos como 1997/98 (El Niño). Mientras que en el sector este, se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 1200 l/s, secos en la década de los 90 y años muy húmedos como 1997/98 (El Niño) y 2018/19.

Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall se presenta una tendencia positiva significativa en el periodo analizado.

Figura 69: Unidad minera Brocal. Zona Este. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)

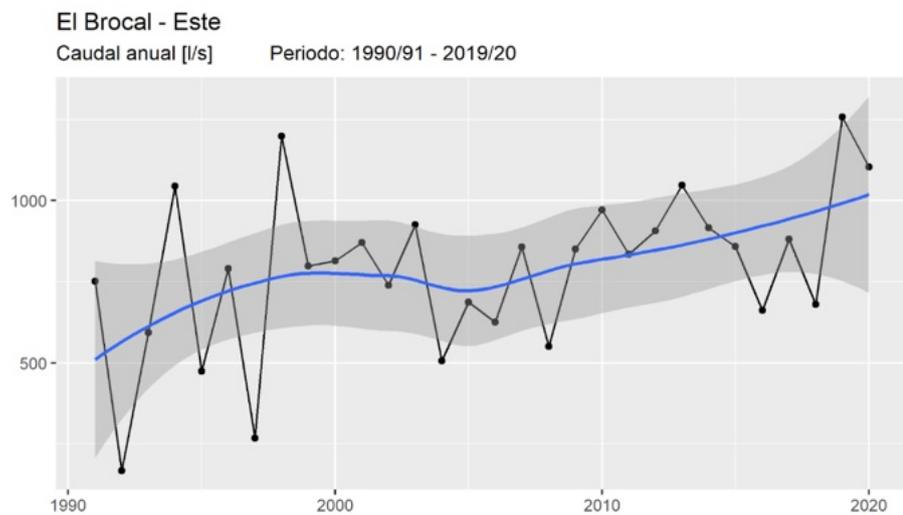
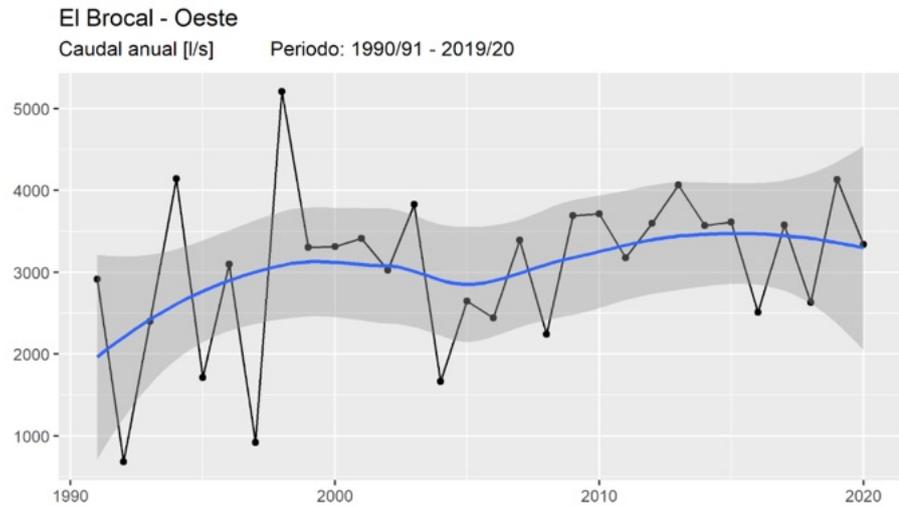


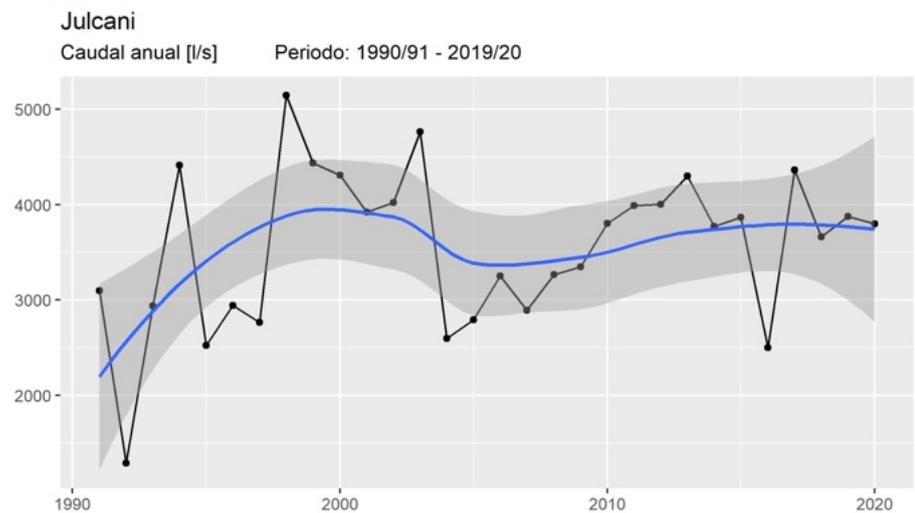
Figura 70: Unidad minera Brocal. Zona Oeste. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Unidad minera Julcani

En el periodo evaluado de 1990/91 - 2019/20, en la cuenca del río Huachocolpa se ha presentado un caudal medio anual inferior a los 5200 l/s, con años secos al inicio de la década de los 90 y años húmedos como 1993/94, 1997/98 (El Niño), 2002/03, 2012/13 2016/17 (El Niño). Este comportamiento hidrológico es similar al encontrado en el análisis del SPI para las lluvias. En base al test estadístico de Mann-Kendall no se presenta una tendencia significativa en el periodo analizado.

Figura 71: Unidad minera Julcani. Tendencia del caudal medio anual (1990/91 - 2019/20)



- Evaluación global

En las siete unidades mineras se ha evaluado la prueba de Mann-Kendall para identificar si existe tendencia en la serie de caudales

medios anuales simulados⁹. Los resultados muestran que existe una alta probabilidad (p-value) de que no hay tendencia en casi la totalidad de unidades mineras, a excepción de la unidad hidrográfica San Juan de la Unidad Minera El Brocal, donde se observó una tendencia positiva.

Lo que se observa en la mayoría de las cuencas es una oscilación de la escurrentía superficial acorde a la variabilidad interanual de la hidrología de las cuencas. Por lo que, mediante este indicador, no es posible identificar cuencas con potencial déficit hídrico por este componente o un riesgo significativo.

Tabla 28: Evaluación del nivel de peligro asociado a la tendencia de caudales anuales superficiales

Unidad minera (cuenca)	Tendencia Mann Kendall	p-value**	Evaluación del peligro hídrico
Tambomayo	Sin tendencia	0,28 (NS)	2
Orcopampa	Sin tendencia	0,39 (NS)	2
Uchucchacua (Sn. J.B.)	Sin tendencia	0,41 (NS)	2
Uchucchacua (Patón)	Sin tendencia	0,78 (NS)	2
La Zanja	Sin tendencia	0,86 (NS)	2
Tantahuatay	Sin tendencia	0,28 (NS)	2
Brocal	Tendencia positiva	0,02 (NS)	1
Julcani	Sin tendencia	0,32 (NS)	2

*NS: No significativo al 90%. Para afirmar que existe tendencia el p-value debe ser inferior a 0,1.

** Se indica el menor p-value cuando se evaluó dos cuencas en una misma unidad minera.

No obstante, esta situación puede variar en el mediano plazo. El cambio climático puede alterar el ciclo hidrológico del agua en estas cuencas (Gómez 2016, Chevallier *et al.*, 2010). El incremento de temperatura ocasionará la reducción de la superficie glaciar, y por tanto la disminución del caudal en la región hidrográfica del Pacífico, específicamente en la costa centro y norte ([IPCC, 2021](#)).

⁹ Para mayor detalle sobre la estimación de la escurrentía superficial en la zona de estudio revisar el Anexo A.

6.1.3. Tendencia en niveles piezométricos

Este indicador describe el estado de las aguas subterráneas en las unidades mineras. Los resultados se detallan a continuación:

- Unidad minera Tambomayo
Se ha evaluado la información entre 2016 y 2022, con un registro de 4 a 7 años, de un total de 17 pozos. El 65% de los pozos no presenta tendencia, 12% de los pozos presenta tendencia negativa y el 23% una tendencia positiva. Los 4 pozos con tendencia positiva (disminución del nivel freático) fueron BH-03, PI-03, PZ-02-DME y PZ-07. De acuerdo con la metodología, estos resultados conllevan a clasificar a la unidad minera en la categoría de **peligro medio**.

Figura 72: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BH03. Tendencia del nivel piezométrico

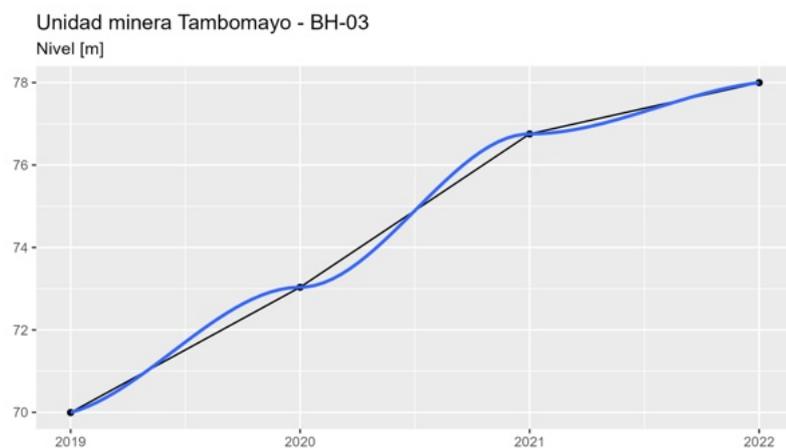


Figura 73: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BI03. Tendencia del nivel piezométrico

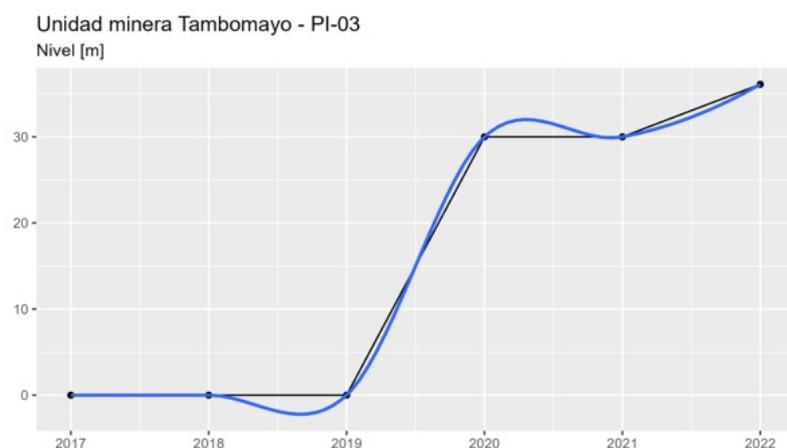


Figura 74: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro BH03. Tendencia del nivel piezométrico

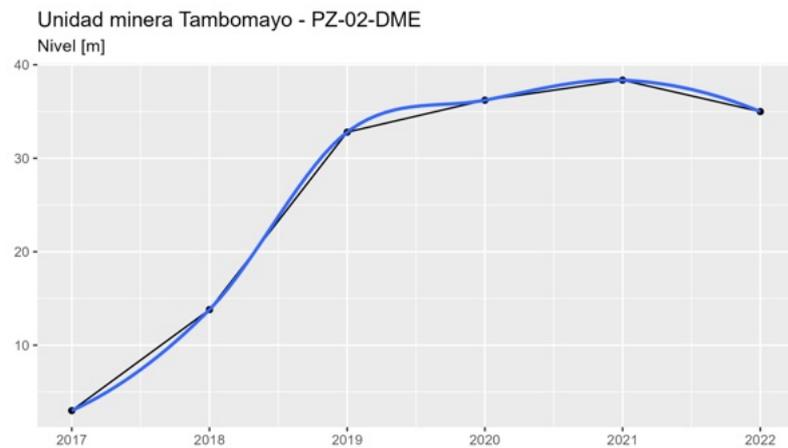
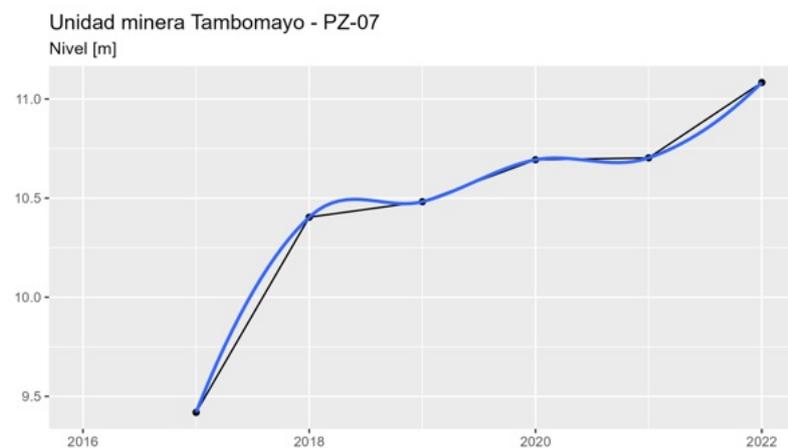
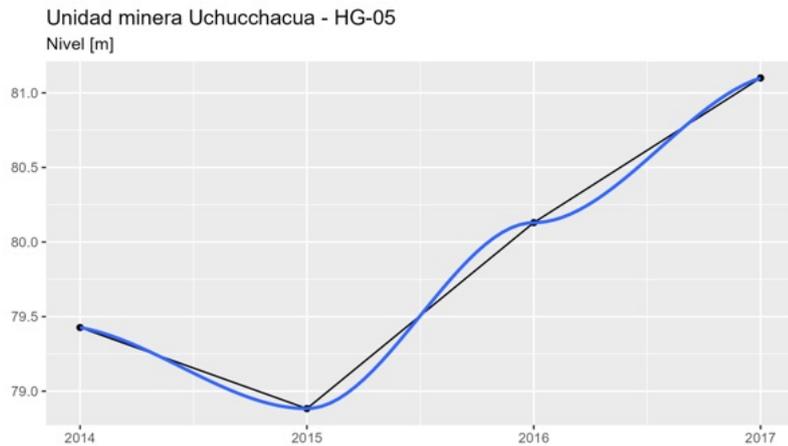


Figura 75: Unidad minera Tambomayo. Piezómetro PZ07. Tendencia del nivel piezométrico



- **Unidad minera Orcopampa**
Esta unidad minera cuenta información insuficiente ya que solo se tiene registro de niveles freáticos para los años 2021, 2022 e inicios del 2023. Por ello, no es factible calcular una tendencia de los niveles freáticos.
- **Unidad minera Uchucchacua**
Se ha evaluado la información entre 2016 y 2022, con un registro de 4 a 9 años, de un total de 18 pozos. El 78% de los pozos no presenta tendencia, 17% de los pozos presenta tendencia negativa y el 5% una tendencia positiva. El único pozo con tendencia positiva (disminución del nivel freático) fue HG-05. De acuerdo con la metodología, estos resultados conllevan a clasificar a la unidad minera en la categoría de **peligro bajo**.

Figura 76: Unidad minera Uchucchacua. Piezómetro HG05. Tendencia del nivel piezométrico



- Unidad minera La Zanja
Se ha evaluado la información entre 2018 y 2022, con un registro de 5 a 6 años, de un total de 11 pozos. El 91% de los pozos no presenta tendencia y 9% de los pozos presenta tendencia negativa. No se detectaron pozos con tendencia positiva (disminución del nivel freático). De acuerdo con la metodología, estos resultados conllevan a clasificar a la unidad minera en la categoría de **peligro bajo**.
- Unidad minera Tantahuatay
Se ha evaluado la información entre 2014 y 2022, con un registro de 4 a 7 años, de un total de 16 pozos. El 75% de los pozos no presenta tendencia, 6% de los pozos presenta tendencia negativa y el 19% una tendencia positiva. Los 3 pozos con tendencia positiva (disminución del nivel freático) fueron PZ-14, S-4 y S-6. De acuerdo con la metodología, estos resultados conllevan a clasificar a la unidad minera en la categoría de **peligro medio**.

Figura 77: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro PZ14. Tendencia del nivel piezométrico

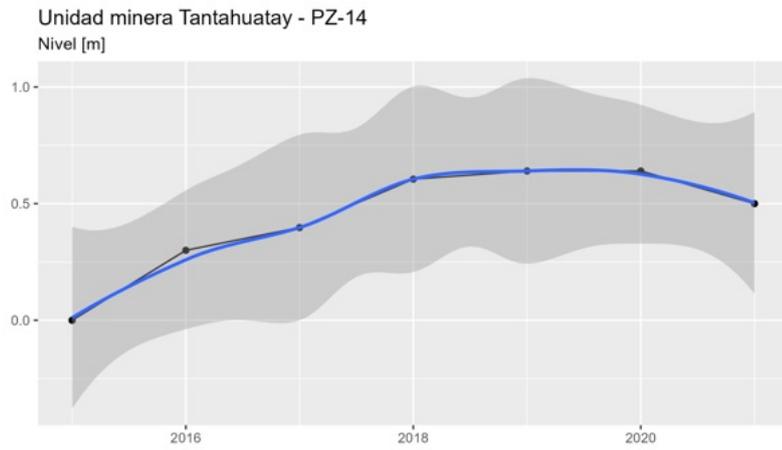


Figura 78: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro S4. Tendencia del nivel piezométrico

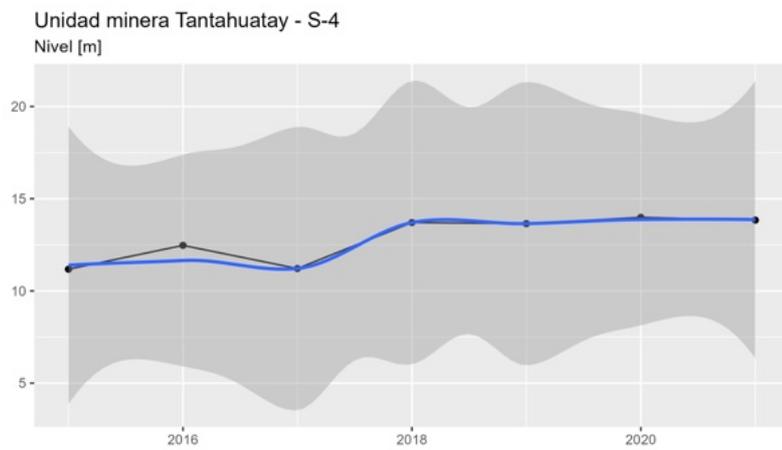
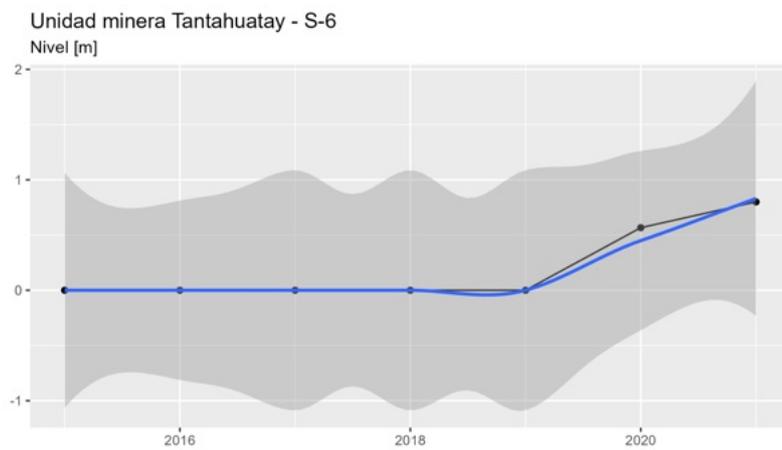


Figura 79: Unidad minera Tantahuatay. Piezómetro S6. Tendencia del nivel piezométrico



- Unidad minera El Brocal

Se ha evaluado la información entre 2014 y 2020, con un registro de 5 a 7 años, de un total de 24 pozos. El 75% de los pozos no presenta tendencia, 8% de los pozos presenta tendencia negativa y el 17% una tendencia positiva. Los 4 pozos con tendencia positiva (disminución del nivel freático) fueron PM-H-1, PM-H-2, PZ1-504-07 y PZ4-452-07. De acuerdo con la metodología, estos resultados conllevan a clasificar a la unidad minera en la categoría de **peligro medio**.

Figura 80: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PMH1. Tendencia del nivel piezométrico

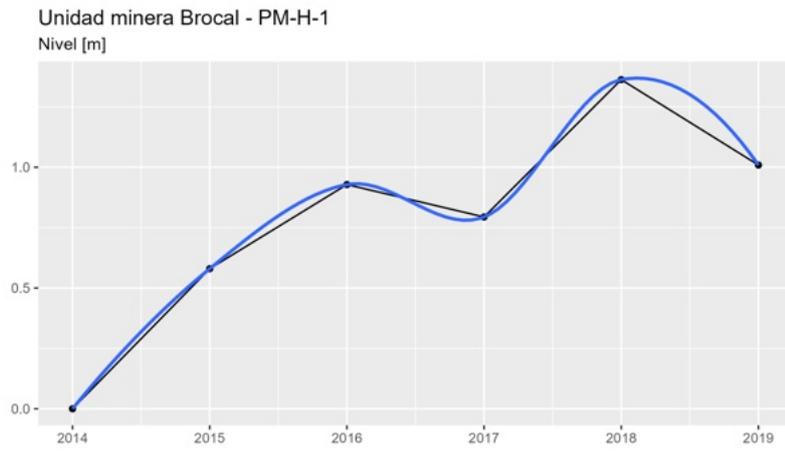


Figura 81: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PMH2. Tendencia del nivel piezométrico

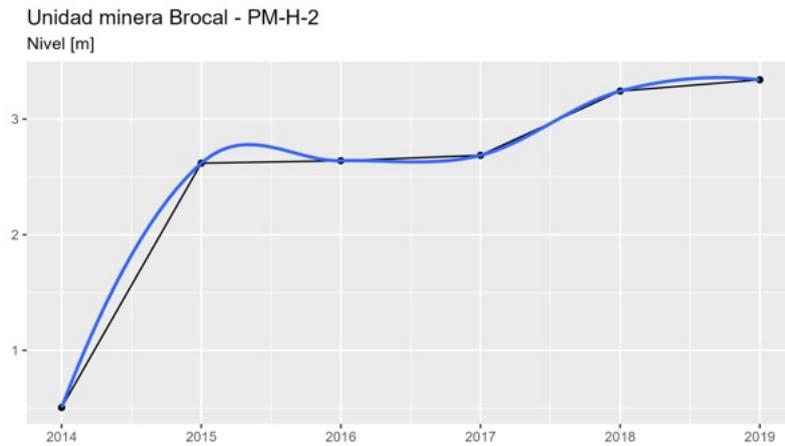


Figura 82: Unidad minera El Brocal. Piezómetro PZ50407. Tendencia del nivel piezométrico



- Unidad minera Julcani
Esta unidad minera cuenta información insuficiente ya que solo se tiene registro de niveles freáticos para los años 2021, 2022 e inicios del 2023. Por ello, no es factible calcular una tendencia de los niveles freáticos.
- Evaluación global
Se ha evaluado la prueba de Mann-Kendall para identificar si existe tendencia en la serie de niveles freáticos entre los años 2014 y 2023, periodo variable por pozo. Los resultados muestran que en el acuífero de las unidades mineras de Brocal, Tambomayo y Tantahuatay se observó una tendencia hacia el decrecimiento en la mayoría de los pozos de control piezométrico.

Tabla 29: Evaluación del nivel de peligro asociado a la tendencia del nivel piezométrico

Acuífero	Porcentaje de puntos de monitoreo con tendencia significativa	Porcentaje de puntos de monitoreo con tendencia significativa positiva	Evaluación del peligro hídrico
Tambomayo	35,3	66,7	2
Orcopampa*	-	-	-
Uchucchacua	22,2	25	1
La Zanja	9,1	0	1
Tantahuatay	35,3	75	2
El Brocal	25	66,7	2
Julcani*	-	-	-

* Los pozos no cumplen criterio de registro mínimo de 4 años

6.1.4. Índice de Escasez Hídrico

6.1.4.1. Oferta Hídrica

Esta variable considera la escorrentía al 75% de persistencia en las unidades hidrográficas de análisis donde las unidades mineras tienen influencia. Asimismo, se tuvo en cuenta las demandas ecológicas de la cuenca, estimada como el 10% respecto de la escorrentía promedio anual. La escorrentía fue generada con el modelo ARNOVIC, cuyo detalle se muestra en el anexo B. De acuerdo con estos criterios, los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 30: Oferta mensual de agua al 75% de persistencia (hm³)

Unidad minera	Unidad hidrográfica de análisis	Oferta hídrica anual al 75% de persistencia (hm ³)
Tambomayo	Molloco	33,774
Orcopampa	Chilcaimarca	139,152
Uchucchacua (zona suroeste)	Patón	27,868
Uchucchacua (zona noreste)	San Juan de Baños	40,170
La Zanja	Cañad	112,936
Tantahuatay (zona suroeste)	San Juan	83,490

Unidad minera	Unidad hidrográfica de análisis	Oferta hídrica anual al 75% de persistencia (hm ³)
Tantahuatay (zona noreste)	La Quebrada	19,272
El Brocal	San Juan	79,022
Julcani	Huachocolpa	78,863

En la región Pacífico, la unidad hidrográfica evaluada con mayor oferta anual es la del río Chilcaimarca, tributario del río Camaná (Orcopampa) con 139,152 hm³, mientras que la de menor oferta hídrica es la del río Patón (U.M. Uchucchacua) con una oferta de 27,868 hm³. De otro lado, en la región Amazonas, la cuenca con mayor oferta es la del río San Juan (El Brocal), con 79,022 hm³ por año y la de menor oferta se presenta en La Quebrada (Tantahuatay zona noreste) con una oferta de 19,272 hm³.

6.1.4.2. Demanda Hídrica

Las demandas de agua se han estimado considerando las asignaciones hídricas consignadas en los derechos de uso de agua otorgados por la ANA hasta el 2020 en el ámbito de las unidades hidrográficas donde se localizan las unidades mineras.

Se debe tener en cuenta que estos volúmenes corresponden a un límite máximo definido por la ANA, aplicado de acuerdo con la disponibilidad de las fuentes de agua. Los registros corresponden a la unidad hidrográfica donde se localiza la unidad minera. Los valores identificados se muestran a continuación:

Tabla 31: Asignaciones hídricas por cuenca (hm³)

Unidad hidrográfica de análisis	Unidad minera	Asignación hídrica anual (hm ³)
Molloco	Tambomayo	2.602
Chilcaimarca	Orcopampa	7.404
Patón	Uchucchacua (zona suroeste)	2.226
San Juan de Baños	Uchucchacua (zona noreste)	2.860
Cañad	La Zanja	5.818
San Juan	Tantahuatay (zona suroeste)	5.616
La Quebrada	Tantahuatay (zona noreste)	7.359
San Juan	El Brocal	64.851

Unidad hidrográfica de análisis	Unidad minera	Asignación hídrica anual (hm ³)
Huachocolpa	Julcani	4.440

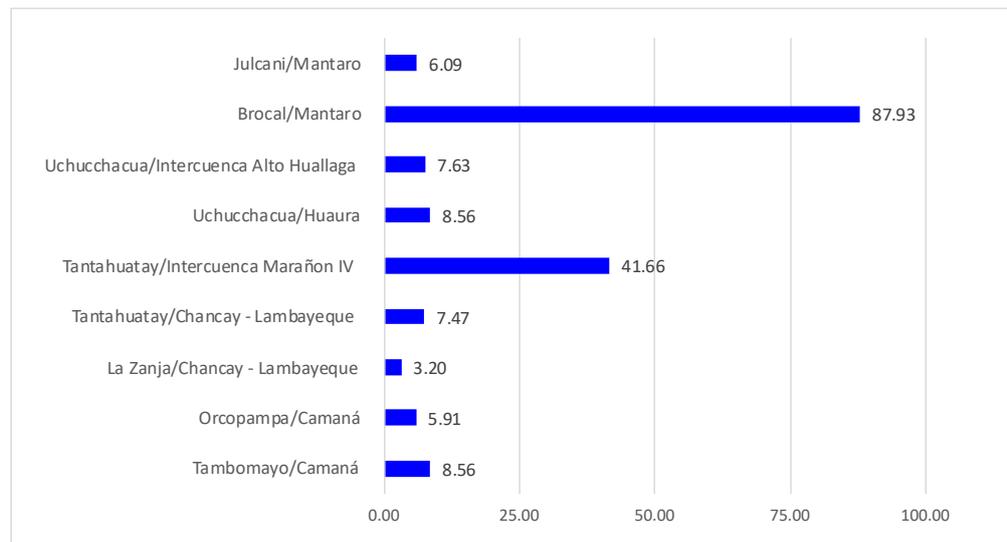
Fuente: ANA, 2023.

Como se puede observar, las mayores demandas se presentan en las hidrográficas San Juan, cuenca Mantaro, (64,851hm³) seguida por La Quebrada, Alto Marañón IV (7,359hm³), las que presentan los valores más altos. Por otro lado, las demandas más bajas se registran en las unidades hidrográficas de Patón (2,226 hm³) y San Juan de Baños (2,860 hm³). Esta descripción se corresponde con el desarrollo de las actividades económicas en la cuenca, en particular de la agricultura.

6.1.4.3. Cálculo del indicador

Considerando los datos obtenidos con relación a la oferta y demanda de agua, el resultado del índice de escasez hídrico (IEH) se muestra a continuación:

Figura 83: Resultados del indicador IEH por unidad minera y cuenca



Se observa que las mayores presiones sobre las fuentes de agua se encuentran en las cuencas de Mantaro (El Brocal) y Intercuenca Alto Marañón IV (Uchucchacua), llegando a altos niveles de escasez, o altas presiones sobre las fuentes naturales de agua. De otro lado, las cuencas de Camaná, Chancay – Lambayeque, Huara e Intercuenca Alto Huallaga muestran valores de IEA menores a 10%.

Como se observa, la mayoría de las cuencas evaluadas se encuentran dentro de niveles de peligro bajo, debido a que las demandas son menores al 40% de la oferta que naturalmente ofrece la cuenca. El caso de la cuenca Mantaro, en el área de influencia de la unidad minera El Brocal, se aprecia un alto valor que

corresponde con la ubicación de asignaciones hídricas de tipo minera y poblacional.

A efectos de este estudio, la categorización de peligro asociado a las cuencas evaluadas se señala a continuación:

Tabla 32: Evaluación del nivel de peligro asociado al Índice de Escasez Hídrico

Unidad hidrográfica de análisis	Unidad minera	IEH (%)	Evaluación del peligro hídrico
Molloco	Tambomayo	8,56	1
Chilcaimarca	Orcopampa	5,91	1
Patón	Uchucchacua	8,56	1
San Juan de Baños	Uchucchacua	7,63	1
Cañad	La Zanja	3,20	1
San Juan	Tantahuatay	7,47	1
La Quebrada	Tantahuatay	41,66	3
San Juan	El Brocal	87,93	3
Huachocolpa	Julcani	6,09	1

6.1.5. Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales

Este indicador describe las diferencias de los resultados del monitoreo de calidad de agua en fuentes naturales superficiales con respecto a los estándares de calidad ambiental de agua, a nivel de las unidades mineras. La información fue proporcionada por el equipo de Buenaventura.

- **Unidad minera Tambomayo**
 En esta unidad minera se procesó información de catorce puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en la categoría 3. De acuerdo con los resultados de monitoreo de calidad de agua, en la época de avenida, un total de 7 puntos (50%) presentaron resultados en la calificación de excelente y 7 puntos (50%) los parámetros obtenidos se ubicaron en la calificación de bueno. En la temporada de estiaje, un total de 10 (71%) presentaron resultados en la calificación de excelente y en 4 puntos (29%) los parámetros obtenidos se ubicaron en la calificación de bueno. Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro bajo**.
- **Unidad minera Orcopampa**
 En esta unidad minera se procesó información de cinco puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en la categoría 3. De acuerdo con los resultados de monitoreo de calidad de agua, en la época de avenida, un

total de 3 (60%) presentaron resultados en la calificación de excelente y 2 puntos (40%) los parámetros obtenidos se ubicaron en la calificación de bueno. En la temporada de estiaje, el 100% presentaron resultados en la calificación de excelente. Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro bajo**.

- Unidad minera Uchucchacua
En esta unidad minera se procesó información de hasta cinco puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en las categorías 3 y 4. De acuerdo con el análisis, en la época de avenida, en un punto de monitoreo (25%) se presentaron resultados en la calificación de excelente, en un punto (25%) los resultados obtenidos se ubicaron en la calificación de bueno y en dos puntos (50%) los resultados se clasificaron en la categoría de malo. En la temporada de estiaje, los valores se encontraron en la calificación de excelente (20%), buena (20%) y malo (60%). Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro medio**.
- Unidad minera La Zanja
En esta unidad minera se procesó información de catorce puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en la categoría 3. De acuerdo con el análisis, en la época de avenida, los puntos de monitoreo se encontraron en la calificación de excelente (21,4%), buena (42,9%), regular (14,3%), malo (7,1%) y pésimo (14,3%). En la temporada de estiaje, los valores se encontraron en la calificación de excelente (14,3%), buena (42,9%), regular (14,3%), malo (14,3%) y pésimo (14,3%), estos últimos influenciados por la geología local. Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro bajo**.
- Unidad minera Tantahuatay
En esta unidad minera se procesó información de veinticinco puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en las categorías 1, 3 y 4. De acuerdo con el análisis, en la época de avenida, los puntos de monitoreo se encontraron en la calificación de excelente (4%), buena (32%), regular (24%), malo (32%) y pésimo (8%). En la temporada de estiaje, los valores se encontraron en la calificación de excelente (4%), buena (28%), regular (24%), malo (36%) y pésimo (8%), estos últimos influenciados por la geología local. Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro medio**.
- Unidad minera El Brocal
En esta unidad minera se procesó información de tres puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en la categoría 3. De acuerdo con el análisis, en la época de avenida, los puntos de monitoreo se encontraron en la calificación de buena (66,7%) y regular (33,3%). En la temporada de estiaje, los valores se encontraron en la calificación de buena (66,7%) y regular (33,3%). Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro bajo**.

- **Unidad minera Julcani**
 En esta unidad minera se procesó información de cuatro puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua clasificados en la categoría 3. De acuerdo con el análisis, en la época de avenida, los puntos de monitoreo se encontraron en la calificación de buena (33,3%), regular (33,3%) y mala (33,3%). En la temporada de estiaje, los valores se encontraron en la calificación de buena (50%) y mala (50%). Esta valoración ubica a la unidad minera dentro de una clasificación de **peligro medio**.
- **Evaluación global**
 En el periodo evaluado (2016-2022), las siete unidades mineras analizadas presentan valores de ICARHS que las clasifica en los dos niveles de peligrosidad, siendo las unidades mineras de Uchucchacua, Tantahuatay y Julcani las que arrojaron niveles de peligro medio. En el caso de los resultados clasificados como pésimo, influyen las condiciones geológicas naturales de las cuencas donde los monitoreos analizados llegaron a una clasificación de “pésimo”. El resumen de los resultados se muestra a continuación:

Tabla 33: Evaluación del nivel de peligro asociado a la calidad de agua

Unidad minera	Número de puntos de monitoreo	Número de puntos de monitoreo (regular, mala o pésima)	Evaluación del peligro hídrico (avenida)	Evaluación del peligro hídrico (estiaje)
Tambomayo	14	0	1	1
Orcopampa	5	0	1	1
Uchucchacua	4 - 5	3	2	2
La Zanja	14	5	1	1
Tantahuatay	25	17	2	2
El Brocal	3	1	1	1
Julcani	4	2	2	2

6.1.6. Emergencias hídricas

Este indicador describe la frecuencia de las emergencias o desastres asociados a los recursos hídricos registrados en los distritos donde se ubican las unidades mineras. A continuación se presentan los resultados obtenidos por cuenca:

- **Unidad minera Tambomayo**
 En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera se han reportado 289 emergencias de las cuales el 52,9% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas, sismos y huaicos. En la siguiente gráfica se muestra

la evolución de este porcentaje en cada año. Los años de mayor porcentaje de reportes de emergencias hídricas son: 2012 con un 72.4% y 2013 con 72.7%.

Figura 84: Unidad minera Tambomayo. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)

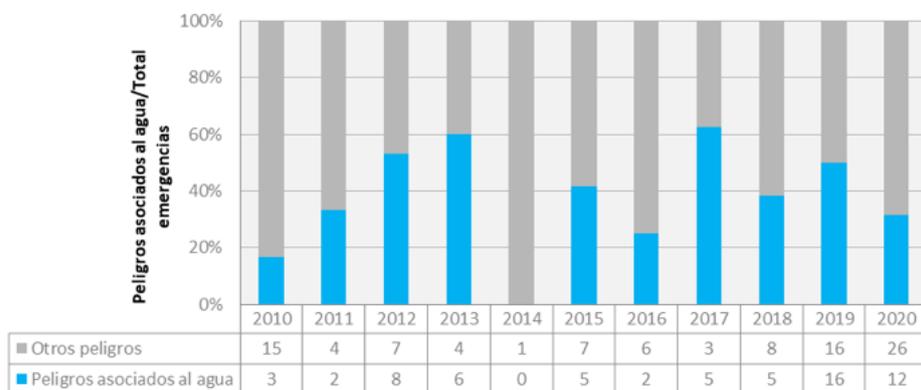


Fuente: INDECI, 2023.

- Unidad minera Orcopampa

En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera se han reportado 161 emergencias de las cuales el 39,75% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas, inundaciones y huaicos. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. Los años de mayor porcentaje de reportes de emergencias hídricas son: 2013 con un 60% y 2017 con 62,5%.

Figura 85: Unidad minera Orcopampa. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)



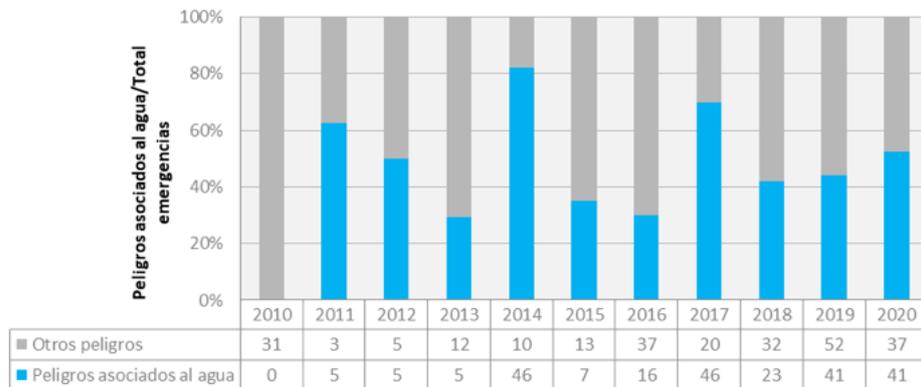
Fuente: INDECI, 2023.

- Unidad minera Uchucchacua

En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera, se han reportado 487 emergencias de las cuales el 48.3%

corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas, inundaciones y deslizamientos. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. El año 2014 presentó el mayor porcentaje de emergencias (82%) asociadas al agua.

Figura 86: Unidad minera Uchucchacua. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)

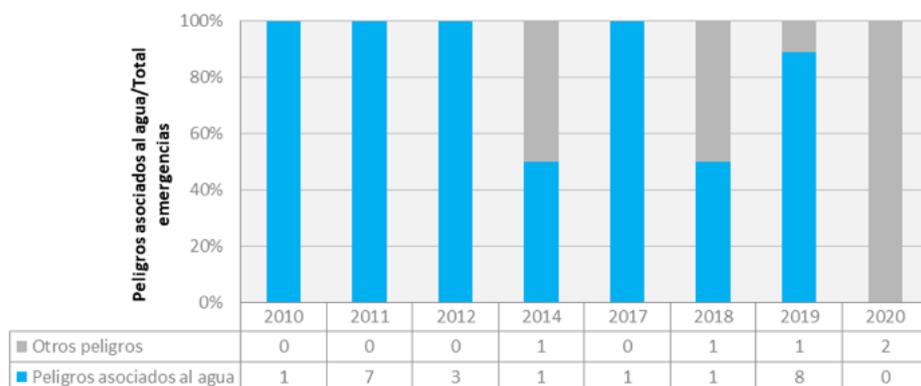


Fuente: INDECI, 2023

- Unidad minera La Zanja

En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera, se han reportado 27 emergencias de las cuales el 81,5% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas y deslizamientos. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. Los años 2010, 2011, 2012 y 2017 presentaron el mayor porcentaje de emergencias (100%) asociadas al agua.

Figura 87: Unidad minera La Zanja. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)

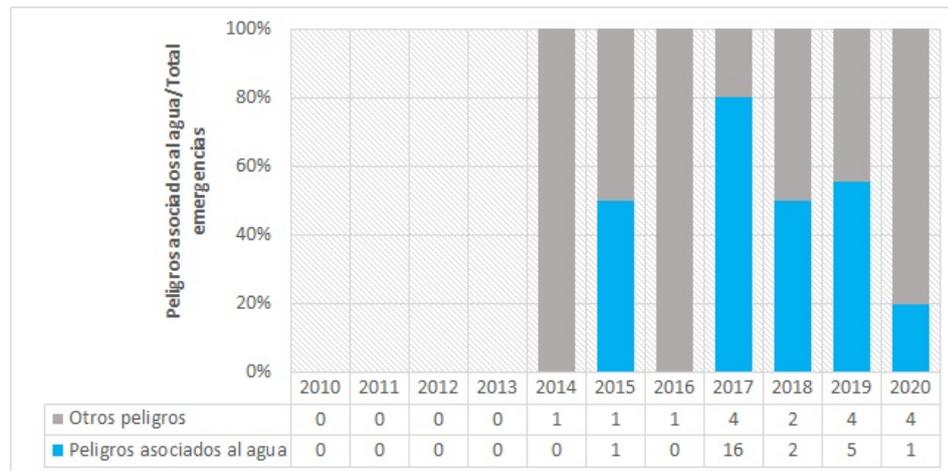


Fuente: INDECI, 2023

- Unidad minera Tantahuatay

En el periodo evaluado de 2010-2020, se han reportado 34 emergencias de las cuales el 64.7% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas y deslizamientos. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. Para los años 2011, 2013, 2014 y 2017 no se encontraron reportes de emergencia para esta zona. El año de mayor porcentaje de reportes de emergencias hídricas es el 2015 con un 100%.

Figura 88: Unidad minera Tantauhatay. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)



Fuente: INDECI, 2021.

- Unidad minera El Brocal

En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera, se han reportado 80 emergencias de las cuales el 30% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas e inundaciones. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. El año 2017 presentó el mayor porcentaje de emergencias (61,5%) asociadas al agua.

Figura 89: Unidad minera El Brocal. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)

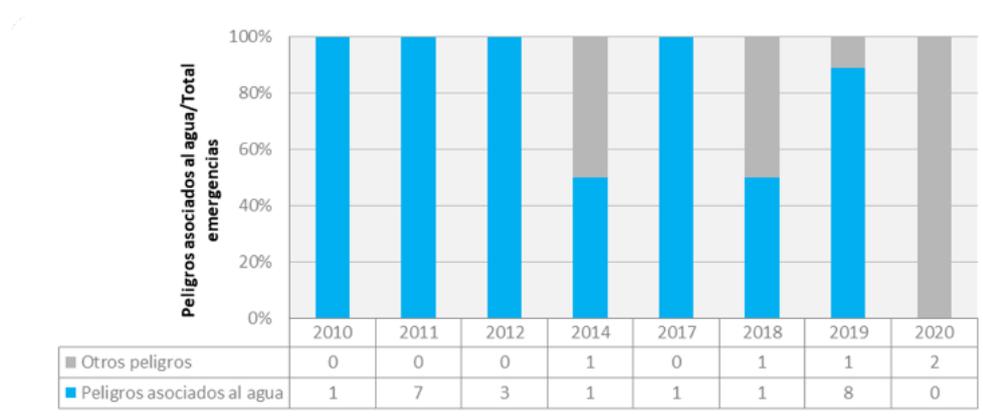


Fuente: INDECI, 2023

- Unidad minera Julcani

En el periodo evaluado de 2010-2020 en los distritos donde se ubica esta unidad minera, se han reportado 97 emergencias de las cuales el 41,24% corresponde a peligros asociados al agua. Los peligros con mayor frecuencia son las lluvias intensas. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de este porcentaje en cada año. Los años 2011 (66,7%) y 2013 (60%) presentaron los mayores porcentajes de emergencias asociadas al agua.

Figura 90: Unidad minera Julcani. Porcentaje de emergencias asociadas al agua. (2010-20)



Fuente: INDECI, 2023

- Evaluación global

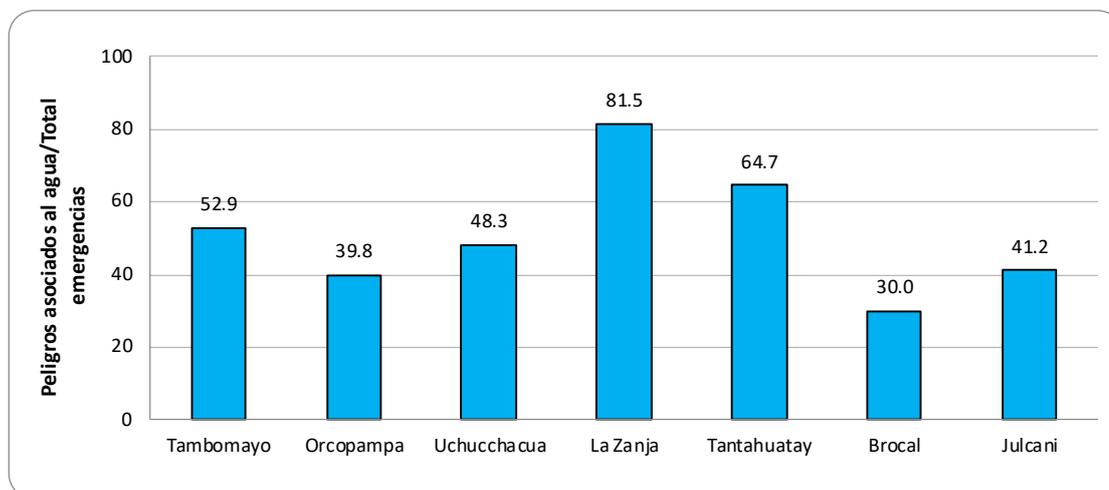
En el periodo evaluado (2010-2020), las unidades mineras analizadas presentan entre 27 a 487 emergencias reportadas por INDECI, siendo la unidad minera de Uchucchacua (La Zanja y Tantahuatay) la del mayor (menor) número de reportes. En términos de porcentaje del número de emergencias asociadas al agua, unidad minera El Brocal presenta el menor peligro hídrico con un 30% y la unidad minera La Zanja la de mayor peligro hídrico con un 81,5%, seguida por la unidad minera Tantahuatay con 64,7% y Tambomayo con 52,9%.

Tabla 34: Evaluación del nivel de peligro asociado al porcentaje de emergencias asociadas al agua

Unidad minera	Emergencias asociadas al agua	Emergencias totales	Indicador (%)	Evaluación del peligro hídrico
Tambomayo	153	289	52.9	2
Orcopampa	64	161	39,8	1
Uchucchacua	235	487	48.3	2
La Zanja	22	27	81,5	3

Unidad minera	Emergencias asociadas al agua	Emergencias totales	Indicador (%)	Evaluación del peligro hídrico
Tantahuatay	22	34	64.7	3
El Brocal	24	80	30,0	1
Julcani	40	97	41,2	1

Figura 91: Evaluación del porcentaje de emergencias asociadas al agua



6.2. Vulnerabilidad asociada a las unidades mineras

6.2.1. Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios

Este indicador describe el nivel de competencia del uso minero dentro de los usos no agrarios a nivel de la unidad hidrográfica donde se ubica la unidad minera. Los resultados indican que en la mayoría de las unidades mineras compiten por el uso de agua con los rubros poblacional, industrial o recreacional, teniendo una participación promedio de 13,2 % respecto al total de volúmenes de agua asignados.

El valor más alto de este indicador se presentó en la unidad minera Tantahuatay, en lo que corresponde a la intercuenca Alto Marañón IV, alcanzando el 42,24 %, seguida por la unidad minera Uchucchacua, en la cuenca Huaura, donde el uso minero significa el 36,41 % de las asignaciones comprendidas en los derechos con fines no agrarios, lo que se significa que dichas unidades tienen una vulnerabilidad baja.

Por otro lado, en las unidades mineras La Zanja y Tantahuatay, en la cuenca Chancay - Lambayeque, se obtuvo el menor valor, llegando al 0,04%. De similar forma, se encuentran las unidades mineras de Tambomayo y Orcopampa, en la cuenca Camaná (3,69%) y Uchucchacua (San Juan de Baños), en la intercuenca Alto Huallaga (3,41%).

Las unidades mineras de El Brocal y Julcani, en la cuenca Mantaro, se clasifican con una vulnerabilidad media, con un indicador igual a 14,5%.

La categorización de la vulnerabilidad por unidad minera se muestra en la siguiente tabla.

Figura 92: Relación del uso minero del agua versus las asignaciones hídricas con fines no agrarios por unidad minera

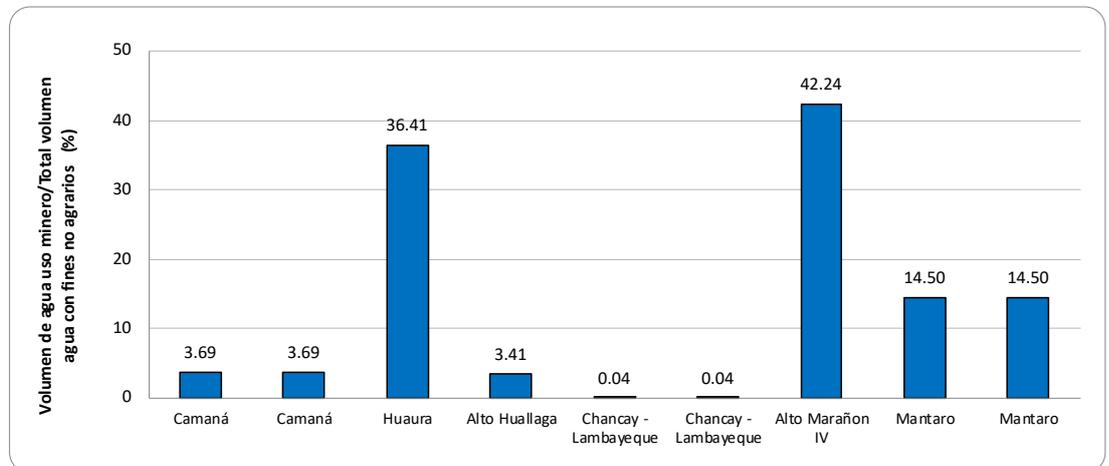


Tabla 35: Evaluación del porcentaje de uso minero del agua versus las asignaciones hídricas con fines no agrarios por unidad minera

Unidad minera	Unidad hidrográfica	Indicador (%)	Evaluación de la vulnerabilidad hídrica
Tambomayo	Camaná	3,69	3
Orcopampa	Camaná	3,69	3
Uchucchacua (Patón)	Huaura	36,41	1
Uchucchacua (Sn. J. Baños)	Alto Huallaga	3,41	3
La Zanja	Chancay - Lambayeque	0,04	3
Tantahuatay (Sn Juan)	Chancay - Lambayeque	0,04	3
Tantahuatay (La Quebrada)	Alto Marañón IV	42,24	1
El Brocal	Mantaro	14,50	2
Julcani	Mantaro	14,50	2

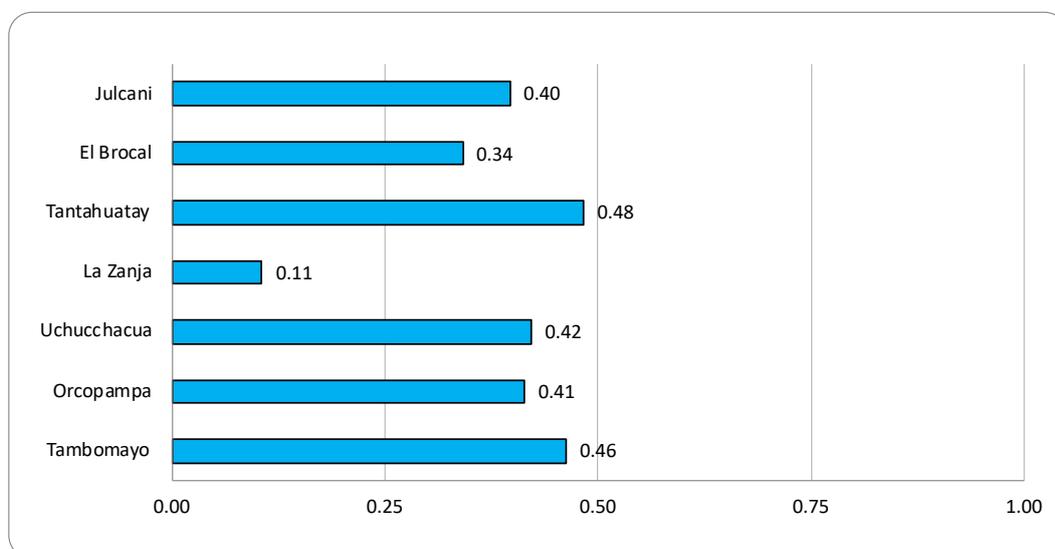
6.2.2. Relación del volumen de agua extraído en la unidad minera versus el volumen de agua asignado

Este indicador describe la relación entre los volúmenes de agua extraídos respecto a las asignaciones hídricas otorgadas a cada unidad minera.

A nivel nacional, los volúmenes de agua asignados llegan a 601,8 hm³, mientras que la extracción reportada alcanza el valor promedio de 193,1 hm³. Entonces, el indicador global llega a 0,37.

El resultado de este cálculo muestra que la mayoría de las unidades mineras manejan las asignaciones hídricas según lo dispuesto por la ANA. El valor mínimo promedio se presentó en la unidad minera La Zanja, con un 0,11; mientras que el indicador más alto se mostró en la unidad minera Tantahuatay, llegando a 0,48. El detalle de las otras unidades mineras se muestra en el gráfico siguiente.

Figura 93: Relación entre el volumen extraído y las asignaciones hídricas otorgadas a las unidades mineras



La categorización de la vulnerabilidad por unidad minera se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 36: Evaluación del porcentaje de extracción de agua versus las asignaciones hídricas por unidad minera

Unidad minera	Volumen utilizado (hm ³)	Volumen asignado (hm ³)	Indicador	Evaluación de la vulnerabilidad hídrica
Tambomayo	0,254	831,90	0,46	1
Orcopampa*	43,994	39,781	0,41	1
Uchucchacua	36,683	70,861	0,42	1
La Zanja	0,096	0,911	0,11	1

Unidad minera	Volumen utilizado (hm ³)	Volumen asignado (hm ³)	Indicador	Evaluación de la vulnerabilidad hídrica
Tantahuatay	0,090	0,285	0,48	1
El Brocal	111,894	488,913	0,34	1
Julcani	0,089	0,173	0,40	1

(*) El volumen utilizado corresponde al reporte del 2022.

6.2.3. Cobertura del servicio de agua potable

Este indicador describe el nivel de la brecha del servicio de agua potable en los distritos donde se ubican las unidades mineras. Los resultados indican que en la mayoría de los distritos se mantienen brechas importantes, con un promedio de 12,8%.

Unidad Minera Tambomayo

En los distritos de esta unidad minera el promedio del porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 10,7%, correspondiendo al distrito de Lloque el valor más bajo y al de Yunga, el más alto.

Tabla 37: Unidad minera Tambomayo. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distritos						
	Cabanaconde	Madrigal	Lari	Tapay	Choco	Chachas	Caylloma
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	3,7	1,5	4	25	20,5	11,2	8,8

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera Orcopampa

En los distritos de esta unidad minera el promedio del porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 9,9%, correspondiendo al distrito de Orcopampa el valor más bajo y al de Cayrini, el más alto.

Tabla 38: Unidad minera Orcopampa. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distritos			
	Cayrini	Chilcaymarca	Orcopampa	Chachas
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	14,2	9,3	4,7	11,2

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera Uchucchacua

En los distritos de esta unidad minera el promedio del porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 13,2%, correspondiendo al distrito de Oyón el valor más bajo y al de Simón Bolívar, el más alto.

Tabla 39: Unidad minera Uchucchacua. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distritos		
	Oyón	Simón Bolívar	Yanahuanca
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	3,7	25,7	10,3

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera La Zanja

En los distritos de esta unidad minera el promedio del porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 14,2%, correspondiendo al distrito de Tongod el valor más bajo y al de Pulán, el más alto.

Tabla 40: Unidad minera La Zanja. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distritos	
	Pulán	Tongod
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	19,5	8,9

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera Tantahuatay

En los distritos de esta unidad minera el promedio del porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 10,1%, correspondiendo al distrito de Hualgayoc el valor más bajo y al de Chugur, el más alto.

Tabla 41: Unidad minera Tantahuatay. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distritos	
	Hualgayoc	Chugur
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	8,8	16,3

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera El Brocal

En los distritos de esta unidad minera el porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 2,6%, correspondiendo al distrito de Tinyahuarco.

Tabla 42: Unidad minera El Brocal. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distrito
	Tinyahuarco
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	2,6

Fuente: INEI, 2017

Unidad Minera Julcani

En los distritos de esta unidad minera el porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable es de 20,9%, correspondiendo al distrito de Chocaccasa.

Tabla 43: Unidad minera Julcani. Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Indicador socio – económico	Distrito
	Chocaccasa
Porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable	20,9

Fuente: INEI, 2017

- Evaluación global

Este indicador describe la brecha de cobertura del servicio de agua potable en los distritos donde se ubican las unidades mineras. De acuerdo con este análisis, la mayoría de las unidades mineras presentan una vulnerabilidad media y alta, por cuanto las necesidades de cobertura de agua potable son mayores a 10% de las viviendas de los distritos. En la unidad minera Julcani, los distritos de influencia tienen las mayores brechas de atención del servicio de agua, con un promedio que alcanza el 20,9 %, lo que corresponde a una situación de alta vulnerabilidad.

Figura 94: Brecha del servicio de agua potable en el área de influencia de las unidades mineras

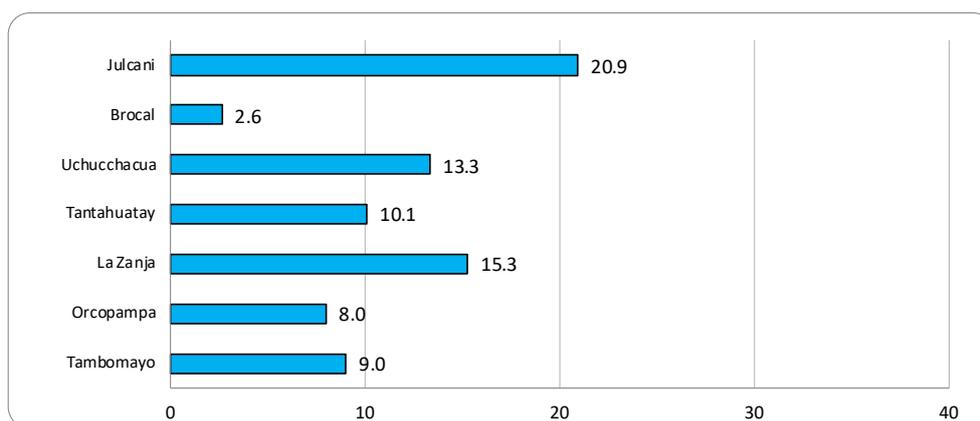


Tabla 44: Evaluación del peligro asociado al porcentaje de viviendas sin conexión de agua potable

Unidad minera	Viviendas totales	Viviendas sin agua potable	Indicador (%)	Evaluación de la vulnerabilidad hídrica
Tambomayo	3086	278	10,7	1
Orcopampa	3470	277	9,9	1
Uchucchacua	9018	1202	13,2	2
La Zanja	2135	326	14,2	2
Tantauatay	5071	511	10,1	2
El Brocal	1445	38	2,6	1
Julcani	755	158	20,9	3

6.3. Análisis de Riesgo Global

6.3.1. Nivel de Peligro Global

En base a los 06 indicadores de nivel de peligro se ha determinado un nivel de peligro global. De acuerdo con la metodología, el indicador de peligro global se construye de la siguiente forma:

$$\text{Nivel de Peligro} = 4\text{SPI} + \text{TC} + 2\text{TNP} + 2\text{IEH} + 0,5\text{ICARHS} + 4\text{EH}$$

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 45: Resultados del análisis de peligrosidad por unidad minera

Unidad minera (unidad hidrográfica)	Peligrosidad	Total	Índice E. Precipitación	Tendencia caudal	Tendencia piezómetros	Índice E. Hídrica	Índice Calidad A.	Emergencias Hídricas
Tambomayo	Bajo	20,50	4,0	2,0	4,0	2,0	0,5	8,0
Orcopampa	Bajo	12,50	4,0	2,0	-	2,0	0,5	4,0
Uchucchacua (Patón)	Bajo	19,00	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0	8,0
Uchucchacua (Sn. J. Baños)	Bajo	19,00	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0	8,0
La Zanja	Mderado.	30,50	12,0	2,0	2,0	2,0	0,5	12,0
Tantahuatay (Sn. Juan.)	Mderado.	23,00	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0	12,0
Tantahuatay (La Quebrada)	Mderado.	29,00	4,0	2,0	4,0	6,0	1,0	12,0
El Brocal	Bajo	19,50	4,0	1,0	4,0	6,0	0,5	4,0
Julcani	Bajo	13,00	4,0	2,0	-	2,0	1,0	4,0

Los resultados por cuenca se grafican a continuación:

Figura 95: Unidad minera Tambomayo. Resultado de los indicadores de peligro

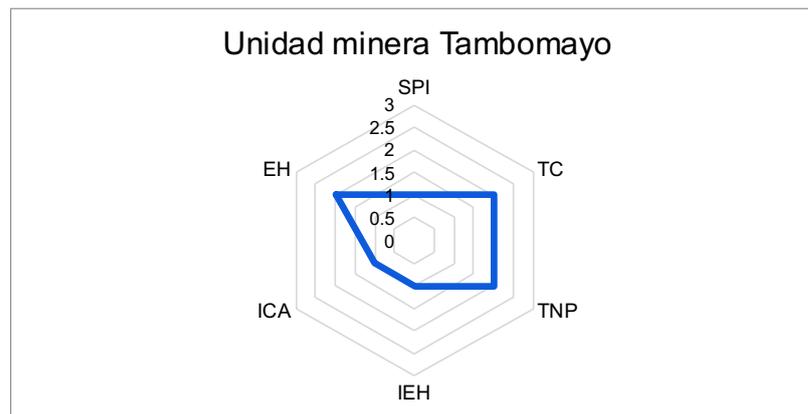


Figura 96: Unidad minera Orcopampa. Resultado de los indicadores de peligro

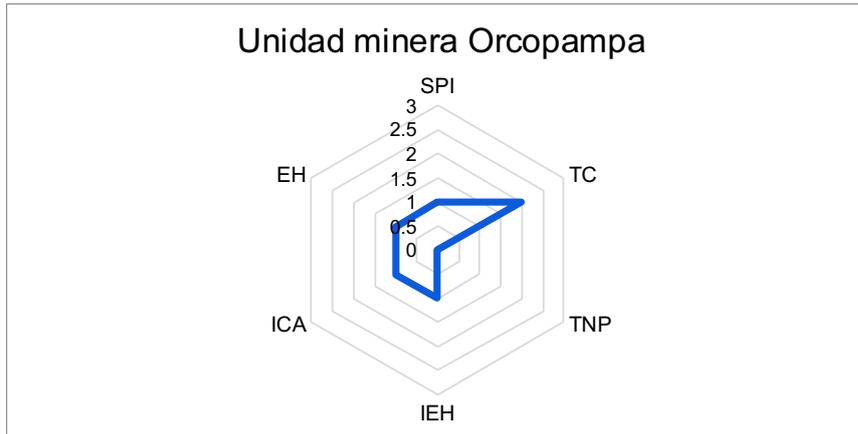


Figura 97: Unidad minera Uchucchacua (Patón). Resultado de los indicadores de peligro

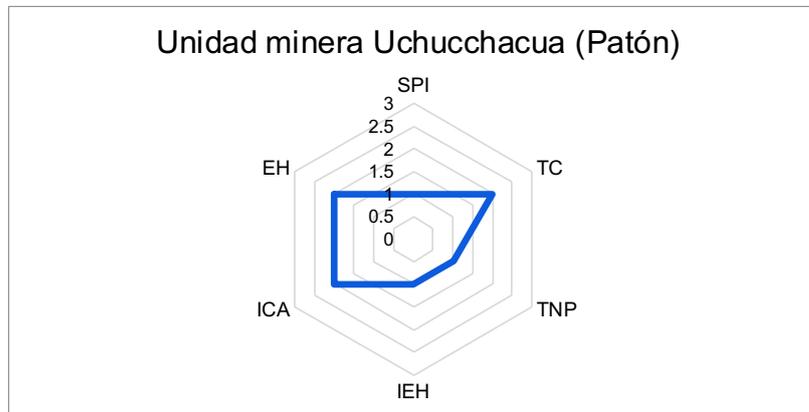


Figura 98: Unidad minera Uchucchacua (San Juan de Baños). Resultado de los indicadores de peligro

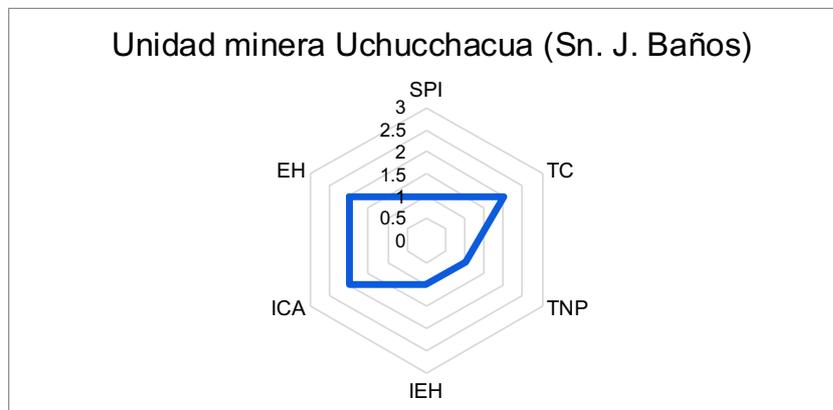


Figura 99: Unidad minera La Zanja. Resultado de los indicadores de peligro

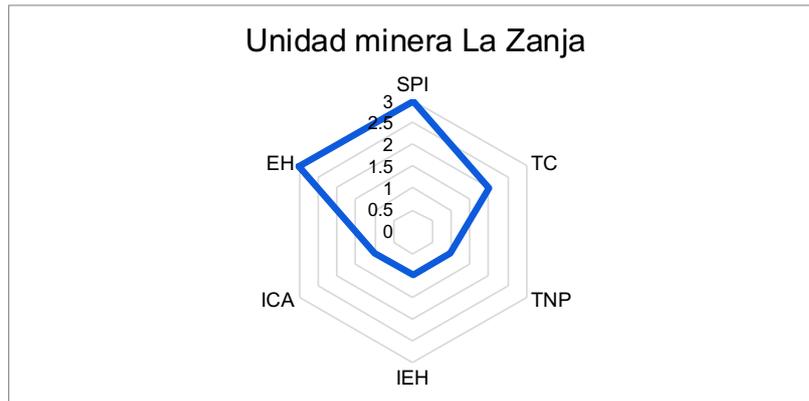


Figura 100: Unidad minera Tantahuatay (San Juan). Resultado de los indicadores de peligro

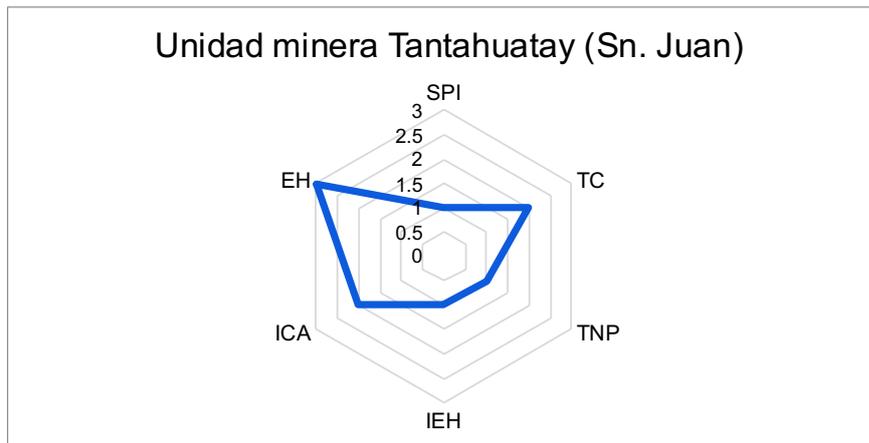


Figura 101: Unidad minera Tantahuatay (La Quebrada). Resultado de los indicadores de peligro

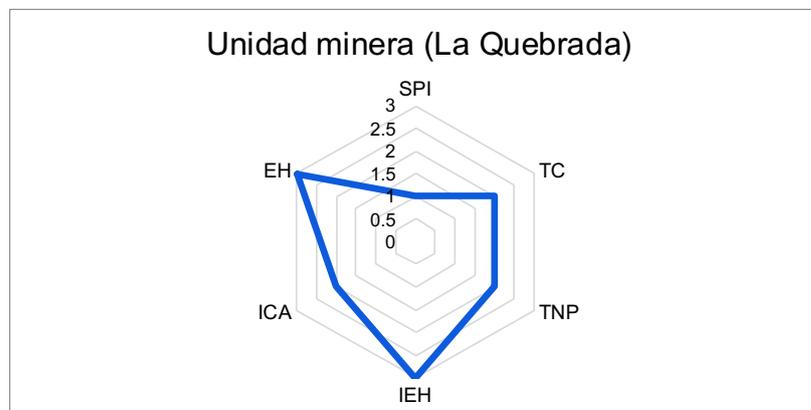


Figura 102: Unidad minera El Brocal. Resultado de los indicadores de peligro

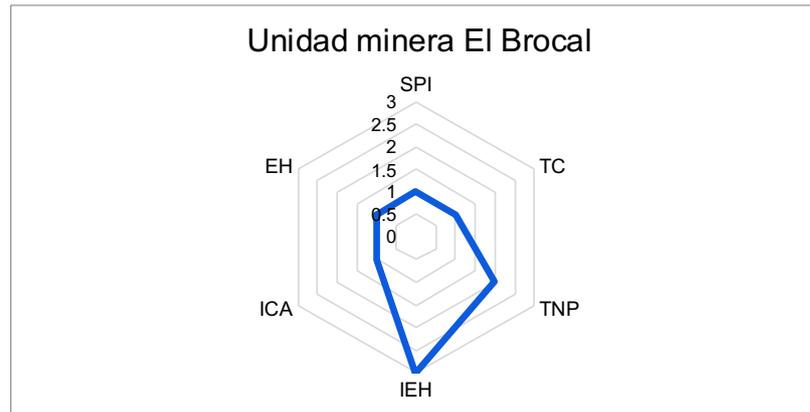
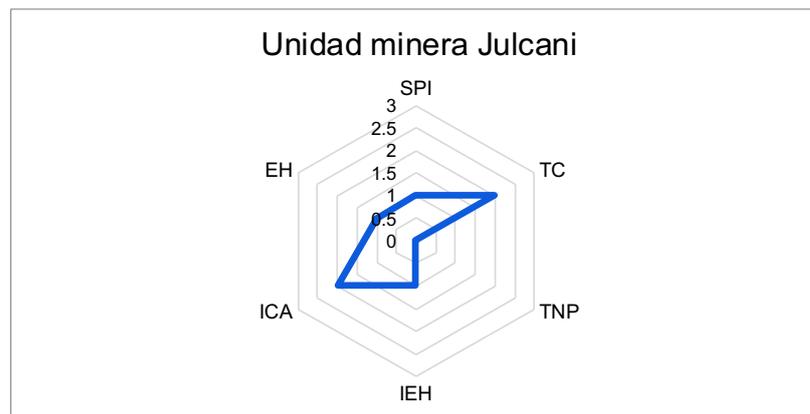


Figura 103: Unidad minera Julcani. Resultado de los indicadores de peligro



6.3.2. Nivel de Vulnerabilidad Global

Con relación a la vulnerabilidad global, los resultados promedios muestran valores que indicarían una vulnerabilidad moderada en las unidades mineras.

El indicador de más alto valor es el asociado a la importancia de las asignaciones hídricas mineras respecto al total de los usos no agrarios. En tal sentido, la mayoría de las unidades mineras comparten la disponibilidad hídrica local con otros usuarios de tipo industrial y poblacional, a excepción de la unidad minera Tantahuatay, en la intercuenca Alto Marañón IV, donde el sector minero es uno de los usos de agua más importantes.

El indicador que expresa el grado del ejercicio del derecho de uso de agua arrojó valores clasificados en niveles bajos, lo que reflejan de cierta forma una alta eficiencia en el uso de agua. El promedio de este indicador resultó en 0,37.

En relación con la cobertura de agua potable, son los distritos del área de influencia de la unidad minera Julcani, ubicados en la cuenca Mantaro, los que reflejan una mayor vulnerabilidad.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 46: Resultados del análisis de vulnerabilidad por unidad minera

Unidad minera (unidad hidrográfica)	Vulnerabilidad	Total	Vol. minero vers. Vol. Uso No Agrario (RUA)	Vol. Extraído vers. Vol. Asignado (RUD)	Nivel de cobertura de agua potable (CSAP)
Tambomayo	Moderado	5,00	3,0	1,0	1,0
Orcopampa	Moderado	5,00	3,0	1,0	1,0
Uchucchacua (Patón)	Bajo	4,00	1,0	1,0	2,0
Uchucchacua (Sn. J. Baños)	Moderado	6,00	3,0	1,0	2,0
La Zanja	Moderado	6,00	3,0	1,0	2,0
Tantahuatay (Sn. Juan.)	Moderado	6,00	3,0	1,0	2,0
Tantahuatay (La Quebrada)	Bajo	4,00	1,0	1,0	2,0
El Brocal	Bajo	4,00	2,0	1,0	1,0
Julcani	Moderado	6,00	2,0	1,0	3,0
Promedio		5,1	2,3	1,0	1,8

Estos resultados se grafican a continuación:

Figura 104: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tambomayo

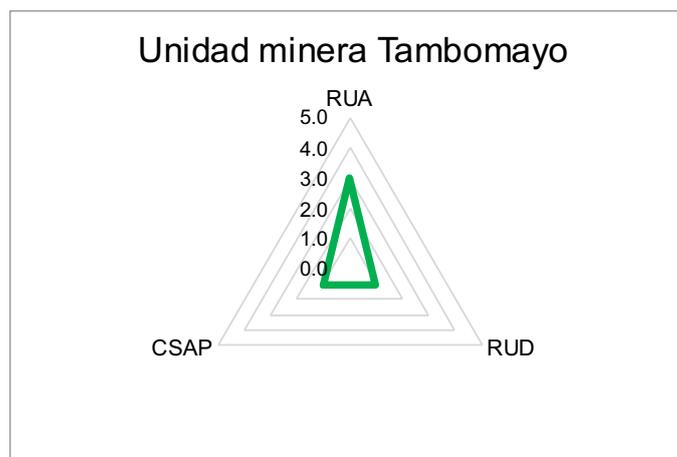


Figura 105: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Orcopampa

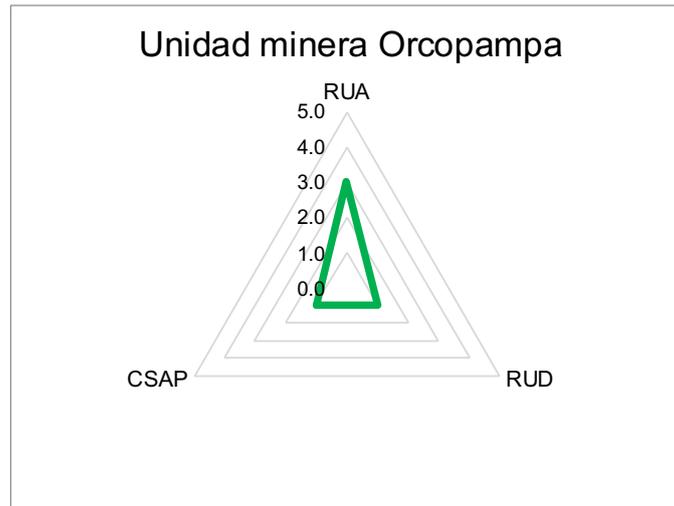


Figura 106: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Uchucchacua (Patón)

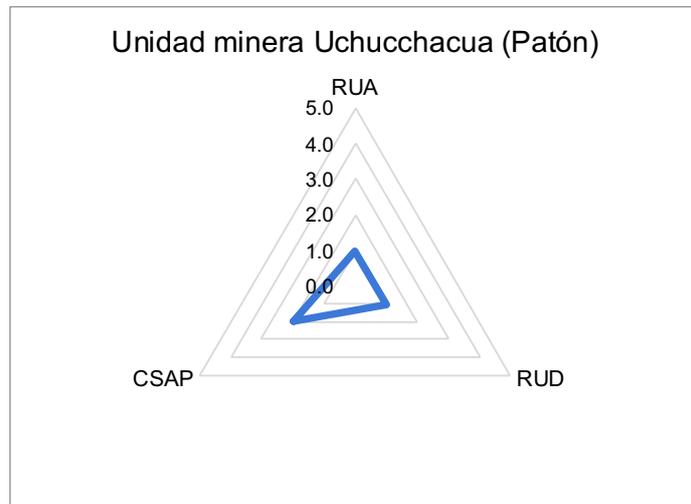


Figura 107: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Uchucchacua (San Juan de Baños)

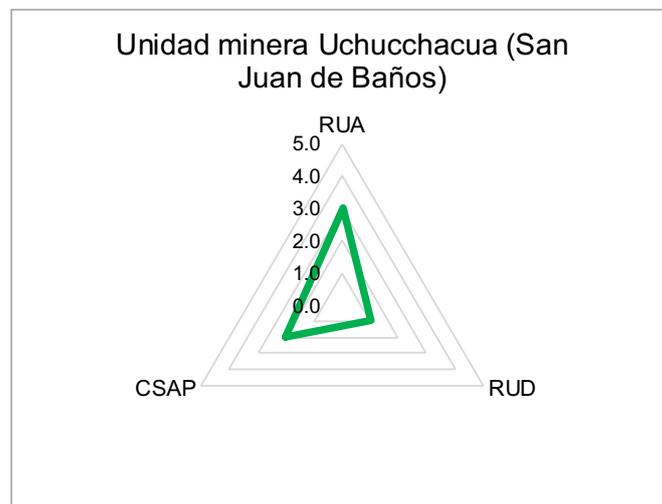


Figura 108: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera La Zanja



Figura 109: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tantahuatay (San Juan)

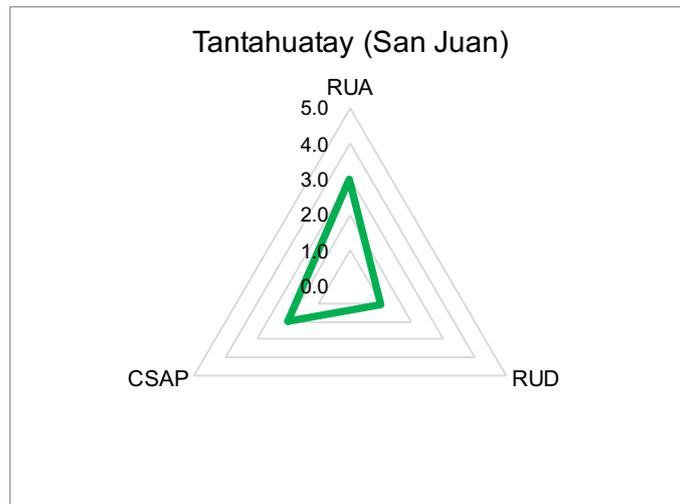


Figura 110: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Tantahuatay (La Quebrada)

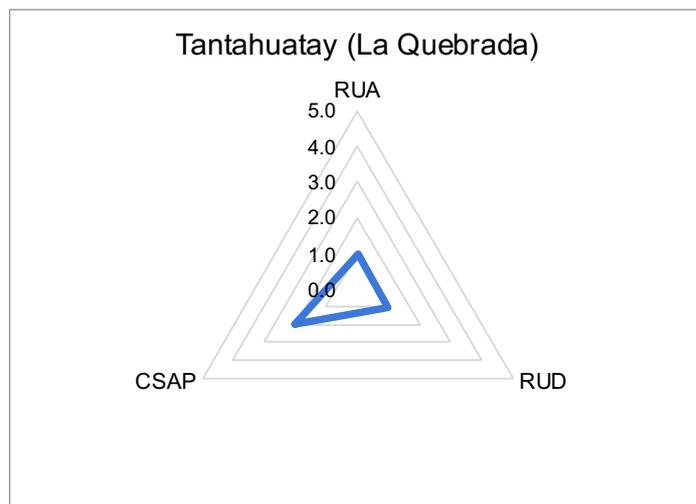


Figura 111: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera El Brocal

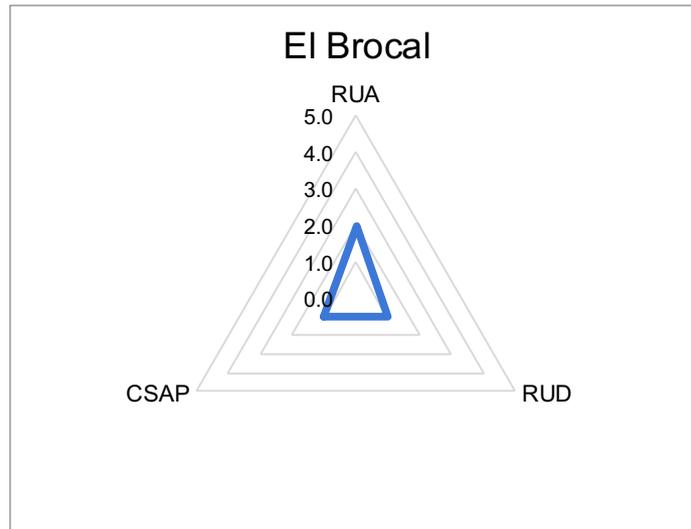
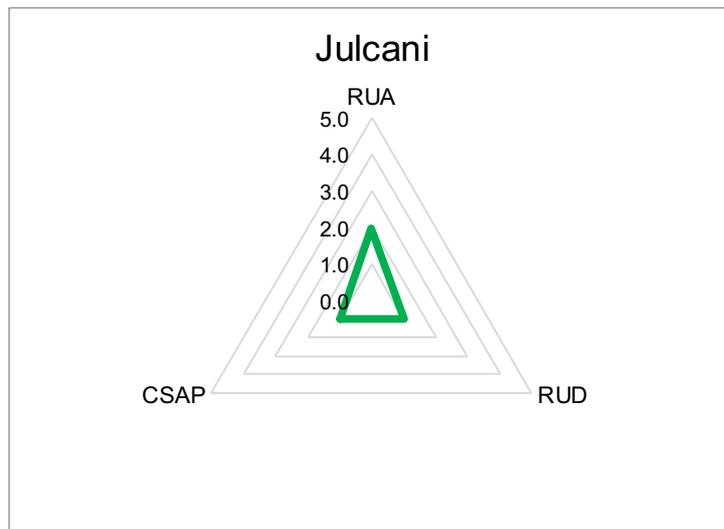


Figura 112: Análisis de vulnerabilidad. Unidad minera Julcani



6.3.3. Nivel de Riesgo Global

La combinación de los indicadores de peligro y vulnerabilidad global por las unidades mineras de Buenaventura puede verse mejor en la siguiente tabla que describe los niveles de riesgos.

El mayor nivel de riesgo se presenta en la unidad minera La Zanja, con una clasificación de moderado. En una clasificación de riesgo bajo se encuentran las demás unidades mineras. La menor puntuación se advierte en la unidad minera Orcopampa, ubicada dentro de la cuenca Camaná.

Tabla 47: Niveles de riesgo por unidad minera

Unidad minera (unidad hidrográfica)	Riesgo		Peligrosidad		Vulnerabilidad	
	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor
Tambomayo	Bajo	102,5	Bajo	20,5	Moderado	5,0
Orcopampa	Bajo	62,5	Bajo	12,5	Moderado	5,0
Uchucchacua (Patón)	Bajo	76,0	Bajo	19,0	Bajo	4,0
Uchucchacua (Sn. J. Baños)	Bajo	114,0	Bajo	19,0	Moderado	6,0
La Zanja	Moderado	183,0	Moderado	30,5	Moderado	6,0
Tantahuatay (Sn. Juan.)	Bajo	138,0	Moderado	23,0	Moderado	6,0
Tantahuatay (La Quebrada)	Bajo	116,0	Moderado	29,0	Bajo	4,0
El Brocal	Bajo	78,0	Bajo	19,5	Bajo	4,0
Julcani	Bajo	78,0	Bajo	13,0	Moderado	6,0
Promedio		105,3		20,7		5,2

6.4. Acciones de mitigación de impactos hídricos desarrollados por Buenaventura

Buenaventura ejecuta buenas prácticas e intervenciones que inciden en la gestión del riesgo global descrita en los ítems previos. Estas actividades buscan optimizar los usos de agua, ampliar el servicio de agua para riego, proteger y conservar las fuentes de agua y desarrollar relaciones con los otros actores de la cuenca.

Estas actividades se alinean a una estrategia global de desarrollo, plasmada en la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible¹⁰ (ODS). Los ODS forman un plan maestro global que busca alcanzar un futuro sostenible, abordando soluciones a la pobreza extrema, el hambre, las enfermedades, una mejor educación y superar los desafíos ambientales. Los ODS fueron gestados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Río de Janeiro en el 2012 y sustituyen a los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Los ODS se conforman por 17 objetivos, 169 metas, 244 indicadores ambientales y una declaración política (Rendón, 2020). Si bien es cierto el ODS 6 se refiere directamente al servicio de agua potable y los recursos hídricos, este elemento natural es transversal con la mayoría de los objetivos. En Perú, estos objetivos son monitoreados por diferentes instituciones públicas, bajo la coordinación del INEI. En la siguiente tabla se muestran las metas e indicadores del ODS6.

Tabla 48: Objetivo de Desarrollo Sostenible. Metas e indicadores

METAS	INDICADORES
6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos	6.1.1 Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos
6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad	6.2.1 Proporción de la población que utiliza: a) servicios de saneamiento gestionados sin riesgos y b) instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón
6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación , eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial	6.3.1 Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada
	6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad
6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	6.4.1 Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo
	6.4.2 Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles

¹⁰ Consultar: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>.

METAS	INDICADORES
6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda	6.5.1 Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos 6.5.2 Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas sujetas a arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas
6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua , incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos	6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo
6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización	6.a.1 Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno
6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento	6.b.1 Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento

Fuente: <http://ods.inei.gob.pe/ods/objetivos-de-desarrollo-sostenible>

En tal sentido, la clasificación de las buenas prácticas toma en cuenta su alineamiento con los ODS, particularmente con el ODS 6, asociado al agua y recursos hídricos, a un nivel de metas. Este criterio describe el aporte de las intervenciones con la visión global de desarrollo sostenible. Adicionalmente, las acciones desarrolladas son clasificadas de acuerdo con el tipo de brecha asociadas a los recursos hídricos, lo cual garantiza la atención de una necesidad priorizada por el Estado para el desarrollo del territorio.

La tabla siguiente considera la meta del ODS 6 con el cual se alinea el proyecto desarrollado o en el que ha tomado parte la empresa. Asimismo, describe la intervención a través del nombre del proyecto, la inversión comprometida, beneficiarios y el impacto sobre los recursos hídricos. Por último, se incluye información sobre la brecha a la que aportaría el proyecto, especificando el sector responsable.

Tabla 49: Buenas prácticas para la mitigación del riesgo hídrico (2016 – 2021)

Meta ODS	Unidad minera: Proyecto	Inversión (millones)	Beneficiarios	Brecha en infraestructura o servicios
6.4. De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	Unidad minera Tambomayo: Irrigación Huaruro	S/11,0	650 personas	Porcentaje de <u>sistemas de riego</u> que operan en condiciones <u>inadecuadas</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego) Porcentaje de <u>superficie agrícola sin riego</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego) Porcentaje de <u>superficie agrícola sin riego tecnificado</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego)
6.4. De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	Unidad minera Tantahuatay: Instalación de Sistema de Riegos por Aspersión en el anexo Ruiz Señor, distrito de Catilluc - San Miguel - Cajamarca.	S/ 2,1	81 personas	Porcentaje de <u>superficie agrícola sin riego tecnificado</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego)
	Unidad minera Tantahuatay: Irrigación Chugurcillo.	S/ 4,3	200 personas	Porcentaje de <u>sistemas de riego</u> que operan en condiciones <u>inadecuadas</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego) Porcentaje de <u>superficie agrícola sin riego</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego) Porcentaje de <u>superficie agrícola sin riego tecnificado</u> . (Sector Desarrollo Agrario y Riego)
6.1. De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.	Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable e Instalación de Unidades Básicas de Saneamiento en el C.P Moran Pata, distrito de Hualgayoc - Hualgayoc - Cajamarca	S/ 6,8	1170 personas	Porcentaje de la población urbana sin acceso al servicio de agua potable mediante red o pileta pública. (Sector Saneamiento)

Meta ODS	Unidad minera: Proyecto	Inversión (millones)	Beneficiarios	Brecha en infraestructura o servicios
6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.				Porcentaje de la población rural sin acceso al servicio de alcantarillado u otras formas de disposición sanitaria de excretas. (Sector Saneamiento)
6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	Unidades mineras Tantahuatay y Tambomayo: Medición de huella hídrica en las unidades mineras Tantahuatay y Tambomayo.	-	-	-
	Unidad minera Tantahuatay: Siembra de agua y riego tecnificado por aspersión Comunidad Campesina El Tingo.	USD 0,085 por año	8 familias	Porcentaje de superficie agrícola sin riego tecnificado. (Sector Desarrollo Agrario y Riego)
6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	Unidad minera Tantahuatay Reúso de agua tratada para la preparación de reactivos en UM Tantahuatay	USD 0,007 por año	-	-
6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión	Participación en el Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca	-	-	-

Meta ODS	Unidad minera: Proyecto	Inversión (millones)	Beneficiarios	Brecha en infraestructura o servicios
integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.	Chancay – Lambayeque 2018 – 2020.			

Elaboración Propia.

Fuente:

- Reportes de Sostenibilidad Buenaventura, 2016-21.
- Sistema de Consulta de Centros Poblados. <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

En suma, entre el 2016 y 2021, se cuenta con información de 6 proyectos e intervenciones que inciden en reducir el riesgo hídrico en las cuencas, cuyo financiamiento llega a S/ 24,2 millones, beneficiando a más de 2 200 personas distribuidas en las cuencas de Chancay – Lambayeque y Camaná, correspondiendo las inversiones más importantes a los proyectos de agua y saneamiento y riego.

7. Resultados generales: Principales indicadores hídricos

- Las unidades mineras se ubican en seis grandes unidades hidrográficas, las mismas que concentran una oferta hídrica anual de 75 697 hm³, lo que corresponde al 3,1% de la oferta nacional por año.
- A nivel general, en las cuencas analizadas las asignaciones hídricas indicadas en los derechos de uso de agua para fines mineros alcanzan los 80,4 hm³ y representan el 2,3% del total de los usos consuntivos de agua en dichos ámbitos geográficos.
- Los recursos hídricos asignados en los derechos de uso agua evaluados en siete (7) unidades mineras alcanzan el valor 601,8 hm³, para usos de tipo minero, doméstico y energético.
- En la cuenca Mantaro se concentra más del 80% del volumen total de agua asignado en los derechos otorgados para Buenaventura.
- Entre los años 2018 y 2022, las siete (7) unidades mineras reportaron una extracción promedio anual de 193,1 hm³.
- La proporción entre los recursos hídricos extraídos y las asignaciones hídricas de los derechos de uso de agua de las siete (7) unidades mineras alcanza el 37 %.
- El índice de escasez hídrico para las unidades hidrográficas analizadas y de influencia directa de las unidades mineras se estima en 20 %, lo cual significa una presión media sobre los recursos hídricos.

8. Conclusiones

- Los niveles de riesgo identificados para las unidades mineras se clasifican entre las categorías de moderado y bajo, correspondiendo esta última categoría como la más predominante.
- El mayor nivel de riesgo (moderado) se obtuvo en la unidad minera La Zanja, donde tanto la peligrosidad y vulnerabilidad alcanzaron el nivel moderado. Seguidamente, pero en un nivel de riesgo menor, resultó la unidad minera Tantahuatay, ubicada en la unidad hidrográfica San Juan de Baños, cuenca Chancay - Lambayeque. Mientras que el menor nivel de riesgo se presenta en la unidad minera Orcopampa, ubicada en la cuenca Camaná.
- Los indicadores sobre el estado de las fuentes de agua, superficial y subterránea, evidencian un comportamiento mayormente regular desde 1981 a la actualidad. Respecto a la disminución de las precipitaciones, el número de eventos de sequía han sido más frecuentes en la cuenca Cañad (Chancay – Lambayeque), área donde se ubica la unidad minera La Zanja, de la región Pacífico, lo que comparativamente conlleva a niveles de peligro alto. Igualmente, los caudales medios anuales no

muestran una tendencia negativa significativa en la mayoría de las subcuencas evaluadas, lo que favorece la seguridad hídrica en la mayoría de las cuencas estudiadas. Por otro lado, el comportamiento de los niveles piezométricos de los acuíferos en los últimos años genera un nivel medio o bajo de peligrosidad en la mayoría de los puntos piezométricos analizados.

- Con relación a las presiones, se evaluó el índice de escasez hídrico (demanda versus oferta), llegando en promedio al 20 %, lo que significa que son necesarias desarrollar medidas de ordenamiento hídrico, atención a los ecosistemas acuáticos e incrementar la eficiencia en el uso de agua . En la mayoría de las unidades hidrográficas analizadas se hallaron resultados que significan niveles de estrés bajos (<40%) hacia las fuentes de agua superficial. Los valores más altos se obtuvieron en las unidades hidrográficas donde se ubican las unidades mineras de Tantauatay (La Quebrada/Alto Marañón IV) y El Brocal (San Juan/Mantaro).
- En suma, los mayores niveles de peligrosidad (moderado) se presentan en las unidades mineras La Zanja y Tantauatay. Estas unidades presentan puntajes altos en cuanto a los indicadores: Índice Estandarizados de Precipitación y Emergencias Hídricas. En un nivel de peligro bajo, se clasifican las subcuencas de influencia de las unidades mineras Tambomayo, El Brocal, Uchucchacua, Julcani y Orcopampa.
- Sobre la vulnerabilidad, se estima un nivel moderado para las unidades mineras Tambomayo, Orcopampa, Uchucchacua (Alto Huallaga), Tantauatay (Chancay - Lambayeque), La Zanja y Julcani. En un nivel de vulnerabilidad baja, se clasifican las unidades mineras Uchucchacua, (Huaura), Tantauatay (Alto Marañón IV) y El Brocal (Mantaro).
- Finalmente, se puede afirmar que la data analizada permite identificar los puntos claves que Buenaventura debiera considerar de forma preventiva para la gestión de riesgos asociados a los recursos hídricos. Los resultados refuerzan la necesidad de una política que promueva la gobernanza y planificación hídrica, las prácticas de reúso de agua, el incremento de la eficiencia hídrica y las inversiones para el adecuado manejo de los recursos hídricos por parte de los otros actores de las unidades hidrográficas analizadas. Estas acciones pueden tener un impacto significativo en la reducción del riesgo hacia el futuro y el aprovechamiento sostenibilidad de los recursos hídricos en el sector.

9. Recomendaciones

- Buenaventura desarrolla una política en recursos hídricos enfocada en el reúso y eficiencia. Es recomendable que esta decisión se consolide a través de prácticas de sensibilización y capacitación a los equipos de gestión ambiental y aliados locales, así como por medio de la asignación de los recursos económicos necesarios para mantener los sistemas y programas de medición y monitoreo hídrico.

- Considerando la prioridad que tiene el uso minero ante situaciones de escasez¹¹, es recomendable que la empresa continúe desarrollando políticas de economía circular y uso eficiente del agua. Como parte de esta acción, las unidades de mineras deberían establecer o actualizar su huella de agua y plantear un programa de reducción de mediano y largo plazo.
- Es recomendable que Buenaventura establezca una estrategia de inversión a favor de mejorar la disponibilidad hídrica con infraestructura gris y/o natural. Para ello, puede aplicarse mecanismos de financiamiento como: responsabilidad social, alianzas público-privadas u obras por impuestos, y enmarcadas en los planes de gestión de recursos hídricos de cuenca.
- Se sugiere a Buenaventura mantener su participación en los mecanismos de coordinación asociadas a los recursos hídricos, especialmente en las unidades hidrográficas con mayores niveles de riesgo. Asimismo, es sugerible promover la implementación de los consejos de recursos hídricos en otros espacios hidrográficos del país donde estos mecanismos aún no han sido creados o están en proceso de consolidación.
- Adicionalmente, en un contexto de cambio climático, donde la frecuencia e intensidad de eventos extremos como lluvias intensas o sequías es cambiante, es recomendable elaborar estudios de evaluación del cambio climático en los recursos hídricos a escala de las unidades mineras. Ello a modo de evaluar la influencia de este fenómeno global en el riesgo hídrico estimado.

¹¹ Conforme a la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento la mayor prioridad en el uso de agua la tiene el uso primario y el poblacional. En un siguiente nivel están los usos productivos, dentro de los cuales la prioridad desde la más alta está definida en el orden siguiente: agrario, acuícola y pesquero, energético, industrial, medicinal, **minero**, recreativo, turístico y transporte.

10. Referencias bibliográficas

Autoridad Nacional del Agua. 2012. Estudio de Caracterización Hidrogeoquímica del Acuífero Chancay - Lambayeque. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015a. Plan Nacional de Recursos Hídricos. Resumen ejecutivo. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015b. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Camaná. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015c. Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Lambayeque. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015d. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca Marañón. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015e. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Huallaga. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2015f. Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Mantaro. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2016. Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. Lima

Autoridad Nacional del Agua. 2019a. Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental de la Autoridad Nacional del Agua. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. 2022. Observatorio del Agua. Consultado 15 de diciembre del 2022. Disponible en: <https://snirh.ana.gob.pe/ObservatorioSNIRH/>

Buenaventura. 2017. Reporte de Sostenibilidad 2016. Lima.

Buenaventura. 2018. Reporte de Sostenibilidad 2017. Lima.

Buenaventura. 2019. Reporte de Sostenibilidad 2018. Lima.

Buenaventura. 2020. Reporte de Sostenibilidad 2019. Lima.

Buenaventura. 2021. Reporte de Sostenibilidad 2020. Lima.

Buenaventura. 2022. Reporte de Sostenibilidad 2021. Lima.

Buenaventura. 2022. Memoria Anual 2021. Lima.

Castro-Llanos, D. A. y Carvajal-Escobar, Y. 2013. Análisis de tendencia en la precipitación pluvial anual y mensual en el departamento del Valle del Cauca. Memorias, 11(20), 9-18.

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Lima.

Chevallier P., Pouyand B., Suarez W. y Condom T. (November de 2010) Climate change threats to environment in the tropical Andes: glaciers and water resources. Regional Environmental Change. (Vol. 11), 179-187.

Escenarios Hídricos 2030. 2018. Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Fundación Chile. Santiago de Chile.

Foro Económico Mundial. 2021. Reporte Global de Riesgo 2021. Obtenido de https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

Gómez Salazar, H. 2016. Impacto del Cambio Climático en las Cuencas de Chancay - Lambayeque y Lurín. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 88 p.

Hofste, R. 2019. Aqueduct 3.0: Update decision - relevant global water risk indicators. Washington: World Resources Institute.

.Instituto Nacional de Defensa Civil 2020. Glosario de Términos y Siglas utilizadas. Compendio Estadístico del INDECI 2020. Lima.

IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. 2016. Base de datos de fuentes de agua subterránea, INGEMMET, versión 2016. Consultado 15 de febrero del 2023. Disponible en: <http://catalogo.geoidep.gob.pe:8080/metadata/srv/api/records/144bf0d6-720f-45bf-beac-282295de5a82>.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. 2019. Hidrogeología de la cuenca del río Huaura - región Lima. Boletín Serie H: Hidrogeología N° 5.

Instituto Nacional de Defensa Civil. 2006. Manual Básico para la Estimación de Riesgo. Lima.

Instituto Nacional de Defensa Civil. 2020. Compendio Estadístico 2020. Gestión Reactiva. Lima.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2020. Mapa de Pobreza Monetaria Distrital y Provincial 2018. Lima.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. 1997. Ordenamiento del Sistema de Gestión de los Recursos Hídricos. Cuenca Chancay – Lambayeque. Informe Final. Lima.

Lavado-Casimiro, W., Silvestre, E. y Pulache, W. 2010. Tendencias en los extremos de lluvias cerca a la ciudad del Cusco y su relación con las inundaciones de enero del 2010. Revista Peruana Geo-Atmosférica (2): 89-98

López C. 2015. El Riesgo Hídrico de los Sectores Minero y Energético en un contexto de Cambio Climático. VOX JURIS. Lima 30 (2): 255-261.

Llacza, A., Acuña, D., Jácome, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Álvarez, E., Flores, W., Urdanivia F., Sulca B. 2021. Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio. SENAMHI. Lima.

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kliest. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Ministerio de Energía y Minas. 2021. Anuario Minero. Reporte Estadístico. Lima.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1973. Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuenca del río Camaná Majes. Lima.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1976. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Lima.

Organización de las Naciones Unidas. 2019. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. Obtenido de <https://gar.undrr.org/>: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>

Organización de los Estados Americanos. 2004. Metodología para el Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial. Lima.

Rendón, E. 2020. Bases económicas del desarrollo sostenible: evidencia y desafíos. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63, pp. 1379-1389.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2017. Atlas de Zonas de Vida del Perú. Guía Explicativa. Nota Técnica 003 Dirección de Hidrología.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2021. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Lima.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2021. Boletín del Sistema de Monitoreo y pronóstico de sequías hidrológicas - OASIS. Lima.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2023. Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI. Consultado 15 febrero 2023. Disponible en: <https://idesep.senamhi.gob.pe/geovisoridesepeg?accion=06.13.001.03.001.513.000.00.00>

Vásquez, S., Peña F. 2012. Caracterización Hidrogeológica del acuífero costero Huaura.

11. Anexos

A. Metodología para la estimación del riesgo hídrico en el sector minero

La presente metodología establece un modelo conceptual para la estimación del riesgo asociado a los recursos hídricos para las unidades mineras de la Compañía de Minas Buenaventura. Se sustenta sobre la base de indicadores de peligrosidad y vulnerabilidad y toma como referencia los esquemas metodológicos planteados por Fundación Chile en el estudio: “Radiografía del Agua. Brecha y Riesgo Hídrico en Chile”, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

Asimismo, el método se ajusta a la disponibilidad de datos proporcionados por la empresa y los generados por la Autoridad Nacional del Agua, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y el Instituto Nacional de Defensa Civil, entidades competentes en recursos hídricos y gestión de riesgos de desastres y emergencias en el país.

Para fines del presente estudio, el riesgo se estima sobre la suma de nueve (9) estadísticos acerca de la peligrosidad y vulnerabilidad, asociados al estado de la oferta de agua, las presiones que existen sobre las fuentes de agua, el grado de respuesta ante la ocurrencia de riesgos, la calidad del agua, el grado de competencia del sector minero con otros usos de agua, el cumplimiento de los derechos de uso de agua y el nivel de cobertura del servicio de agua potable. Los estadísticos utilizados son:

Tabla 1A: Relación de indicadores incluidos en la metodología

PELIGROSIDAD	<ul style="list-style-type: none">• Índice estandarizado de precipitación (SPI)• Tendencia de caudales (TC)• Tendencia de niveles piezométricos (TNP)• Índice de escasez hídrico (IEH)• Índice de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)• Emergencias hídricas (EH)
VULNERABILIDAD	<ul style="list-style-type: none">• Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios• Relación del volumen de agua extraído en la unidad minera versus el volumen de agua asignado• Cobertura del servicio de agua potable

1. Marco conceptual

- Peligro

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2006) el peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.

Según su origen, el peligro puede ser de dos clases: natural y tecnológico o generado por la acción del hombre, tal como se muestra en el gráfico siguiente:

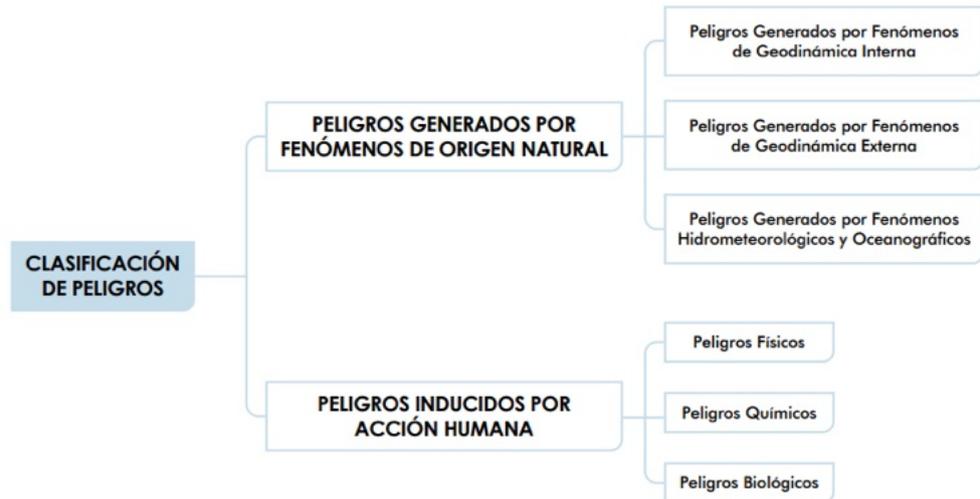


Figura 1A: Tipología de peligros. Fuente: Cenepred, 2014

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales (INDECI, 2006).

Para su análisis, la vulnerabilidad debe promover la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, en una determinada área geográfica, a los efectos desfavorables de un peligro adverso.

Se han establecido los siguientes tipos de vulnerabilidad: ambiental y ecológica, física, económica, social, educativa, cultural e ideológica, política e institucional, y, científica y tecnológica.

- Riesgo

En el marco del presente estudio, el riesgo (R) es el resultado de multiplicar el nivel de peligrosidad (P) por el valor de la vulnerabilidad (V) y se calcula con el uso de la ecuación siguiente:

$$R = P \times V$$

El resultado de esta operación permite cuantificar en un dominio determinado el nivel de riesgo, correspondiendo los valores mínimos a un nivel de riesgo menor y los más altos, a una situación de riesgo máximo.

2. Indicadores seleccionados

Los indicadores seleccionados buscan caracterizar el nivel de riesgo de las unidades mineras, asociado a las fuentes de agua a nivel de unidad hidrográfica.

Describen la oferta de agua y la presión actual sobre las fuentes de agua, en términos de cantidad y calidad en los últimos años. Asimismo, recoge la información sobre la incidencia de los peligros asociados al agua, según la clasificación y registros de INDECI. Por otro lado, describen el grado de competencia del sector con otros usos de agua, el cumplimiento de los derechos de uso de agua y el nivel de cobertura del servicio de agua potable.

La identificación de este conjunto de indicadores se realizó sobre la base de los estudios de WRI y Fundación Chile, y considerando la disponibilidad de información oficial y consistente del país.

- **Índice Estandarizado de Precipitación**

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés) da cuenta de un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico. Este es el número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico (McKee, 1993).

Cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación en un lugar, para un lapso determinado de tiempo el cual varía, generalmente, entre 1 y 24 meses. Fue desarrollado con la finalidad de mejorar la detección del inicio de las sequías meteorológicas¹² y su posterior monitoreo.

El SPI se cuantifica para diferentes escalas temporales desde un mes hasta 24 meses. Para el presente estudio se utiliza el SPI de 6 meses el cual refleja las anomalías de la precipitación a largo plazo principalmente para análisis de la sequía meteorológica (SENAMHI, 2021). El indicador considera el periodo lluvioso de diciembre a mayo desde 1981 hasta 2019. Para el análisis se utiliza el producto grillado de precipitación PISCO (*Peruvian Interpolated data of the SENAMHI Climatological and hydrological Observations*) o, en caso hubiere información de amplio registro histórico, la interpolación de datos observados de estaciones meteorológicas de la empresa.

La categoría de clasificación del SPI se presente en la siguiente tabla:

Tabla 2A: Clasificación del SPI

Valores del SPI	Categoría (Tipo de sequía)	Frecuencia de ocurrencia
-2 a menor	Extremadamente seco	1 en 50 años
-1,50 a -1,99	Muy seco	1 en 20 años

¹² Para este análisis las sequías se definen en función de la precipitación, únicamente, sin considerar la temperatura ni las variables del suelo.

Valores del SPI	Categoría (Tipo de sequía)	Frecuencia de ocurrencia
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco	1 en 10 años
-0,5 a -0,99	Ligeramente seco	1 en 3 años
0,49 a -0,49	Normal	1 en 3 años
0,50 a 0,99	Ligeramente húmedo	1 e 3 años
1,00 a 1,49	Moderadamente húmedo	1 en 10 años
1,50 a 1,999	Muy húmedo	1 en 20 años
2,00 a mayor	Extremadamente húmedo	1 en 50 años

Fuente: McKee, 1993

Para la categorización del indicador se optó por una evaluación comparativa entre las unidades hidrográficas evaluadas. Se contabilizaron los eventos de déficit de precipitación. En el proceso, se asignaron pesos de 1, 2 y 3 a los años moderadamente secos, severamente secos y extremadamente secos respectivamente. Esta ponderación busca resaltar las condiciones de mayor escasez de precipitación. Luego se sumaron el número de eventos ponderados, obteniéndose una suma de años secos por cuenca.

Al valor acumulado de cada resultado se le aplicó un análisis por terciles, es decir el rango de resultados fue dividido en tres segmentos, asignando al mayor de ellos la categoría más alta y al menor, la más baja. El detalle de esta clasificación se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3A: Evaluación del SPI

Categoría del indicador	Tercil	Evaluación del peligro	Explicación
Alto	Tercil superior	3	La suma ponderada de años secos es una de las más altas en el grupo de cuencas evaluadas.
Medio	Tercil medio	2	La suma ponderada de años secos es un valor intermedio en el grupo de cuencas evaluadas.
Bajo	Tercil inferior	1	La suma ponderada de años secos es una de las más bajas en el grupo de cuencas evaluadas.

- **Tendencia de caudales**

Es el resultado de una prueba estadística (Kendall) que permite inferir un comportamiento de los caudales medios anuales del curso de agua más importante de la unidad hidrográfica. A través de este análisis estadístico se define la tendencia histórica de los caudales superficiales con el objetivo de identificar zonas con un potencial déficit hídrico.

Para el presente análisis se ha tomado las mismas consideraciones del estudio de la Radiografía del Agua (Fundación Chile, 2018), definiendo las condiciones siguientes:

- Selección de estaciones hidrológicas con al menos 20 años de información hidrométrica. Asimismo, son tomadas en cuenta aquellas que registran la mayor producción hídrica de la cuenca; y
- Para calcular el cálculo del caudal medio anual, se establece como regla que un año es válido con al menos 11 meses de datos hidrométricos

Ante la ausencia de registros hidrométricos suficientes, se podrá considerar valores simulados por modelos implementados por las instituciones técnico científicas nacionales.

Se utiliza la prueba de Mann Kendall (Gilbert, 1987; Kendall, 1975; Mann, 1945), con una certeza de un 90% en los resultados. Lo que implica que la probabilidad (p-value) de que la tendencia de la serie de datos no se deba al azar debe ser menor a 0,1. Si es superior, no existe suficiente certeza para afirmar que hay tendencia.

En este tipo de análisis es importante utilizar registros largos de la variable a evaluar, para obtener valores más confiables sobre sus cambios. Cuando las tendencias se basan en registros cortos, estos valores son muy sensibles a las fechas de inicio y fin y, en general, no reflejan las tendencias del clima a largo plazo debido a la variabilidad natural (decadal o interanual).

El estimador de la pendiente Sen (1968) resulta útil en casos de no normalidad, debido a que corresponde a un método no paramétrico robusto que cuantifica la tendencia como cambio por unidad de tiempo en una serie, cuando existe en ella tendencia y tiene ciertas ventajas como el hecho de permitir valores faltantes o que la muestra no se debe ajustar a una distribución en particular (Castro y Carbajal, 2013).

Asimismo, dado que existe la posibilidad de encontrar *outliers* en los índices climáticos obtenidos, este método es bastante utilizado para estos casos, debido a que sus estadísticas están basadas en el signo de las diferencias y no directamente en los valores (Lavado *et al.*, 2010).

La clasificación de las tendencias aplicada para este estudio es: tendencia a la baja, sin tendencia y tendencia al alza. A cada una de estas clases se le asigna un valor de acuerdo con el nivel de riesgo por déficit hídrico, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4A: Categorías del indicador tendencia de caudales

Categoría del indicador	Evaluación del peligro	Explicación
Tendencia a la baja	3	El comportamiento del caudal medio anual muestra una tendencia a disminuir, con una certeza de un 95% en los resultados.
Sin tendencia	2	El comportamiento del caudal medio anual no muestra una tendencia definida, con una certeza

		de un 95% en los resultados.
Tendencia positiva	1	El comportamiento del caudal medio anual muestra una tendencia al aumento, con una certeza de un 95% en los resultados.

- **Tendencia de niveles piezométricos**

Es el resultado de una prueba estadística (Kendall) que permite inferir un comportamiento de los niveles piezométricos en la red de monitoreo de aguas subterráneas. En este análisis estadístico se describe la tendencia histórica de los niveles piezométricos de los acuíferos ubicados en las unidades mineras, con el objetivo de identificar zonas con un potencial déficit hídrico. El nivel piezométrico es una variable que representa la accesibilidad de las aguas subterráneas como fuente hídrica.

Para el análisis se tomaron en cuenta los registros generados por la Autoridad Nacional del Agua en las diferentes campañas de monitoreo anuales o los proporcionados por la empresa. Asimismo, se tomó en cuenta lo siguiente:

- El análisis se enfocó en la variable nivel estático.
- Se tomó en cuenta un periodo de 4 años como mínimo
- Se aceptó como mínimo un dato por año y un máximo de doce.
- El registro no puede tener periodos sin datos de dos años o más.
- El porcentaje de registros sin datos (vacíos) no puede ser mayor al 50%.

Se evaluó la tendencia del nivel piezométrico para los puntos de monitoreo que cumplen con las condiciones antes señaladas, con la prueba de Mann Kendall (Gilbert, 1987; Kendall, 1975; Mann, 1945). Para la evaluación del acuífero, se asumió el valor con mayor incidencia, calculando la moda del total de resultados.

La clasificación de las tendencias aplicada para este estudio es: tendencia a la baja, sin tendencia y tendencia al alza. El acuífero tendrá un mayor nivel de peligro en tanto el número de pozos con tendencia definida sea más alto.

Sobre estos resultados, se evalúa la pendiente de la curva de comportamiento, correspondiendo un mayor peligro a un mayor número de pozos con pendiente positiva.

Ambos análisis previos se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 5A: Definición de los niveles de peligro

Porcentaje de pozos con tendencia definida (%)	Porcentaje de pozos con pendiente positiva (%)		
	100-70	69-30	29-0
100-70	3	2	2
69-30	3	2	1

29-0	2	2	1
------	---	---	---

A cada una de estas clases se le asigna un valor de acuerdo con el nivel de riesgo por déficit hídrico, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 6A: Categorías del indicador tendencia de niveles piezométricos

Categoría del indicador	Evaluación del peligro	Explicación
Tendencia positiva	3	El comportamiento del nivel piezométrico estático muestra una tendencia a aumentar, con una certeza de un 95% en los resultados.
Sin tendencia	2	El comportamiento del nivel piezométrico estático no muestra una tendencia definida, con una certeza de un 95% en los resultados.
Tendencia negativa	1	El comportamiento del nivel piezométrico estático muestra una tendencia a disminuir, con una certeza de un 95% en los resultados.

- **Índice de Escasez Hídrico**

Este indicador se define como la relación, expresada en porcentaje, entre las demandas de agua y la oferta de agua en un determinado ámbito geográfico, que para el estudio corresponde al de la cuenca hidrográfica donde se ubica la unidad de producción. El modelo conceptual se define con la fórmula siguiente:

$$I = \frac{D}{O} \times 100$$

Donde:

I: Índice de escasez hídrico (%)

D: Demanda de agua (hm³)

O: Oferta hídrica (hm³)

Los resultados de esta expresión se clasifican según la tabla siguiente:

Tabla 7A: Categorías del índice de escasez hídrico

Categoría del indicador	Índice de escasez (%)	Explicación
Alto	>40	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico.
Medio	20 - 40	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y el 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta

Categoría del indicador	Índice de escasez (%)	Explicación
		como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
Moderado	10 - 20	Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo.
Bajo	<10	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico.

Fuente: Organización de los Estados Americanos, 2004.

Para el presente análisis la oferta de agua tiene un componente superficial y subterráneo. El primero corresponde al volumen medio al 75% de persistencia, valor calculado considerando la curva de duración de los volúmenes de agua anuales, y la fórmula de Weibull:

$$P = \left(\frac{m}{n + 1} \right)$$

Donde:

P: Persistencia

m: Número de orden del valor

n: Longitud de la serie de datos

Sobre la base de este cálculo, se estiman las necesidades de los ecosistemas (caudal ecológico), que para el caso corresponde al 10% del volumen promedio anual.

A esta estimación se le podrá agregar las reservas de aguas subterráneas aprovechables o explotable, calculada sobre el 10% de las reservas totales del acuífero de la unidad hidrográfica. Para el cálculo de la oferta mensual de este tipo de fuente, ante la carencia de datos, se distribuyó el volumen anual de forma uniforme entre los doce meses del año.

De otro lado, las demandas de agua se definieron sobre las asignaciones hídricas consideradas en los derechos de uso de agua emitidos por la Autoridad Nacional del Agua, de tipo consuntivo. Su distribución temporal se dio considerando un coeficiente de distribución mensual, definido a través de registros de demandas de agua (planes de gestión de recursos hídricos, planes de aprovechamiento de disponibilidades hídricas, estudios hidrológicos, entre otros). Al no disponer de esta información, se optó por una distribución uniforme entre los doce meses del año.

Al valor obtenido, para fines del presente estudio se aplicó los criterios siguientes:

Tabla 8A: Categorías del indicador IEH

Categoría del indicador	Evaluación del peligro	Explicación
Alto	3	Los resultados anuales del indicador superan el 40%.
Medio	2	Los resultados anuales del indicador se encuentran en un rango entre el 40% y 10%
Bajo	1	Los resultados anuales del indicador son menores al 10%.

- **Índice de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales (ICARHS)**

Para fines del presente análisis, la evaluación de la calidad del agua superficial se realiza a través de la comparación de los resultados de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el estándar de calidad ambiental para el agua (ECA-Agua¹³), según la categoría del cuerpo de agua; lo que determina su cumplimiento o incumplimiento, precisando únicamente los parámetros críticos y su correspondiente concentración.

Los índices de calidad ambiental de recursos hídricos superficiales (ICARHS), constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua. Identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0-100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente.

Las etapas para su cálculo se muestran a continuación:

- Selección de los datos de calidad de agua
- Definición de los parámetros que serán evaluados
- Cálculo del ICARHS

El cálculo del ICARHS comprende tres factores: 1) alcance; 2) frecuencia y 3) amplitud, cuya integración resulta en único valor de 0 a 100, para un punto de monitoreo, un periodo de tiempo y una fuente de agua. A continuación se definen cada uno de los factores:

- a) Alcance (F1): representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa de ECA - Agua vigente, respecto al total del parámetro a evaluar. Su fórmula es la siguiente:

$$F1 \approx \frac{\text{Número total de parámetros que no cumplen con el ECA - Agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}}$$

- b) Frecuencia (F2): representa la cantidad de datos que no cumplen la normatividad ambiental respecto al total de datos de los parámetros a evaluar. Los datos

¹³ Aprobados por decreto supremo N° 004-2017-MINAM - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

corresponden a los resultados de un mínimo de cuatro monitoreos. Su fórmula es la siguiente:

$$F2 \approx \frac{\text{Número total de parámetros que no cumplen con el ECA} - \text{Agua de los datos evaluados}}{\text{Número total de datos evaluados}}$$

- c) Amplitud (F3): es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F3 \approx \left[\frac{\text{Suma normalizada de excedente}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} \right] \times 100$$

Se entiende como excedente a la diferencia del valor ECA - Agua y el valor del dato respecto al valor del ECA - Agua.

Una vez obtenido los valores de los factores, se procede con el cálculo del ICARHS, que es la diferencia de un rango de 0 a 100, siendo 100 el valor que representa un ICA de excelente calidad y 0 el que significa un ICARHS de mala calidad. La diferencia es dada por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres factores, tal como se muestra en la ecuación siguiente:

$$100 - \left(\sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}} \right)$$

La calificación del resultado y su interpretación se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 9A: Interpretación de la calificación ICARHS

Valor del ICARHS	Calificación	Interpretación
95-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80-94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65-79	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45-64	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0-44	Pésimo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

La evaluación a nivel de unidad minera, se asumió el valor con mayor incidencia, calculando la moda del total de resultados del ICARHS. La clasificación para este estudio es: Mala, Normal y Buena. A cada una de estas clases se le asigna un valor de acuerdo con el nivel de riesgo por déficit hídrico, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 10A: Categorías del indicador de calidad de agua (ICARHS)

Categoría del indicador	Evaluación del peligro	Explicación
Mala	3	La mayoría de los puntos de monitoreo tienen un ICARHS clasificado entre malo y pésimo o la suma de los puntos pésimos, malos y regulares es mayor al 70%.
Normal	2	La mayoría de los puntos de monitoreo tienen un ICARHS clasificado como regular o la suma de los puntos pésimos, malos y regulares es mayor al 40%, pero menor al 70%.
Buena	1	La mayoría de los puntos de monitoreo tienen un ICARHS clasificado entre bueno y excelente o los puntos clasificados como pésimos, malos y regulares es menor al 40%.

- **Emergencias hídricas**

Este indicador describe el grado de incidencia que tienen las emergencias y desastres asociados al agua por parte del Sistema Nacional de Defensa Civil. El análisis considera los reportes de emergencias del Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI para el periodo 2010-2020, originadas por los peligros siguientes:

- Alud
- Deslizamiento
- Déficit hídrico
- Deglaciación
- Huaico
- Inundación
- Lluvias intensas
- Fenómenos de geodinámica externa
- Fenómenos meteorológicos e hidrológicos.
- Precipitaciones pluviales
- Sequía
- Sismo

Estos peligros fueron identificados por su estrecha conexión que tienen con los recursos hídricos, generando alteraciones sobre su cantidad, calidad y/o oportunidad. La definición de cada uno de estos fenómenos se detalla en el anexo A “Términos Técnicos”.

El indicador ha sido determinado como el porcentaje del número de emergencias asociadas al agua respecto al número total de emergencias oficiales a nivel de las provincias que conforman las unidades hidrográficas. Dentro del número total de

emergencias que reporta INDECI se encuentran los siguientes: incendios, contaminación ambiental, epidemias, friaje, heladas, plagas, vientos fuertes, granizo, nevadas, erupciones volcánicas, derrumbes, entre otros.

$$EH = (NEH \div NET) \times 100$$

Donde:

EH: Porcentaje de emergencias hídricas

NEH: Número de emergencias hídricas

NET: Número de emergencias totales

Para la clasificación de los resultados se optó por una evaluación comparativa entre las cuencas evaluadas. Para el caso, se hizo un análisis por terciles, es decir el rango de resultados fue dividido en tres segmentos, asignando al mayor de ellos la categoría más alta y al menor, la más baja. El detalle de esta clasificación se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 11A: Categorías del indicador de emergencias hídricas

Categoría del indicador	Tercil	Evaluación del peligro	Explicación
Alto	Tercil superior	3	El porcentaje de emergencias hídricas tiene una alta incidencia en la cuenca evaluada.
Medio	Tercil medio	2	El porcentaje de emergencias hídricas tiene una incidencia moderada en la cuenca evaluada.
Bajo	Tercil inferior	1	El porcentaje de emergencias hídricas tiene una baja incidencia en la cuenca evaluada.

- **Relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios**

Este indicador se define como la relación entre los volúmenes de agua definidos en los derechos de uso de agua de tipo minero, versus la totalidad del volumen de agua asignados en los derechos de agua no agrario y consuntivos (poblacional, doméstico, industrial u otros usos) en la unidad hidrográfica.

Esta relación expresa la importancia del uso minero en la gestión del agua de la unidad hidrográfica. En tanto más alto sea este índice, el sector potencialmente tendrá mayor participación en las decisiones sobre la planificación hídrica local y por tanto el nivel de vulnerabilidad será menor.

La relación está definida por la ecuación siguiente:

$$\frac{\text{Volumen de agua asignado para usos mineros}}{\text{Volumen de agua asignando para todos los usos no agrarios de tipo consuntivo}} \times 100$$

Para la construcción del indicador se utilizarán los valores del último año publicado por la Autoridad Nacional del Agua.

Los resultados obtenidos se clasifican de la forma siguiente:

Tabla 12A: Categorías del indicador relación de las asignaciones hídricas para uso minero versus los otros tipos de usos no agrarios

Categoría del indicador	Tercil	Evaluación de la vulnerabilidad	Explicación
Alto	Superior	1	El uso minero está entre los usos más importantes en la unidad hidrográfica entre las actividades diferentes a la agricultura.
Medio	Medio	2	El volumen de agua para uso minero es similar al de los otros usos de tipo no agrarios.
Bajo	Inferior	3	El uso minero está entre los usos menos importantes en la unidad hidrográfica entre las actividades diferentes a la agricultura.

- **Relación del volumen de agua extraído en la unidad minera versus el volumen de agua asignado**

Este indicador se define como la relación entre los volúmenes de agua extraídos o captados en las fuentes de agua versus los volúmenes de agua definidos en los derechos de uso de agua de la unidad operativa.

Esta relación expresa el grado de cumplimiento del derecho de uso de agua. En tanto más alto sea este índice, el sector potencialmente tendrá mayor vulnerabilidad ante escenarios de riesgo o restricciones en el uso de agua.

La relación se aplica para cada derecho de agua y está definida por la ecuación siguiente:

$$\frac{\text{Volumen de agua extraído en la unidad minera}}{\text{Volumen de agua asignado en la unidad minera}}$$

Para la construcción del indicador se utilizarán los resultados promedios de cada unidad minera en los últimos cinco (5) años, de acuerdo con la fecha del derecho de uso de agua.

Los resultados obtenidos se clasifican de la forma siguiente:

Tabla 13A: Categorías del indicador sobre el grado de cumplimiento del derecho de uso de agua

Categoría del indicador	Tercil	Evaluación de la vulnerabilidad	Explicación
Alto	Superior	3	El volumen de agua extraído es mayor al derecho

			de agua asignado.
Medio	Medio	2	El volumen de agua extraído es igual al derecho de agua asignado.
Bajo	Inferior	1	El volumen de agua extraído es menor al derecho de agua asignado.

- **Cobertura del servicio de agua potable**

Este indicador se define por la brecha de cobertura del servicio de agua potable en los distritos que forman parte de la unidad operativa.

Esta relación expresa el potencial de conflictividad por el uso del agua. En tanto más alto sea este índice, el sector minero tendrá mayor vulnerabilidad ante escenarios de restricciones en el uso de agua.

Para la construcción del indicador se utilizarán los registros administrativos disponibles del INEI, considerando las viviendas que no tienen este servicio por red pública, según los censos nacionales de vivienda.

Los resultados obtenidos se clasifican de la forma siguiente:

Tabla 14A: Categorías del indicador cobertura del servicio de agua potable

Categoría del indicador	Tercil	Evaluación de la vulnerabilidad	Explicación
Alto	Superior	3	La unidad operativa se ubica en distritos presentan altas brechas del servicio de agua potable.
Medio	Medio	2	La unidad operativa se ubica en distritos presentan brechas del servicio de agua potable, próximas al promedio.
Bajo	Inferior	1	La unidad operativa se ubica en distritos presentan bajas brechas del servicio de agua potable.

3. Estimación del Riesgo

La estimación del riesgo se obtiene multiplicando los resultados obtenidos en la evaluación de cada indicador de peligrosidad y vulnerabilidad. Adicionalmente, se considera un coeficiente específico (k_i) para cada una de estas variables (Hofste 2019).

De esta manera, el modelo queda expresado de la forma siguiente:

$$\text{Nivel de riesgo} = [k_1.SPI + k_2.TC + k_3.TNP + k_4.IEH + k_5.ICA + k_6.EH] \times [k_7.RUA + k_8.RUD + k_9.CSAP]$$

Donde los valores de k_i se muestran a continuación:

Tabla 15A: Asignación del valor del coeficiente para cada indicador

Indicador	Sigla	Coeficiente (k)
Índice estandarizado de precipitación	SPI	4
Tendencia de caudales	TC	1
Tendencia de niveles piezométricos	TNP	2
Índice de escasez hídrico	IEH	2
Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales	ICARHS	0.5
Emergencias hídricas	EH	4
Uso minero versus los otros tipos de usos	RUA	1
Volumen de agua extraído versus el volumen de agua asignado en los derechos de agua	RUD	1
Cobertura del servicio de agua potable	CSAP	1

Este procedimiento se aplica por unidad minera. Finalmente, se integran los resultados, definiendo un rango sobre los escenarios máximo y mínimo de riesgo. Luego, se formula segmentación (terciles) y clasificación de este rango, que se asocian con los niveles de riesgo de las unidades mineras analizadas.

B. Metodología para la estimación de escorrentía superficial en el ámbito de la unidad minera

La estimación de la escorrentía superficial en las Unidades Mineras en estudio es crucial para la evaluación del riesgo hídrico. En ese sentido, en este estudio se utilizaron productos disponibles de forma libre para la estimación de la oferta hídrica superficial. Tal es el caso del conjunto de datos de caudales medios diarios simulados a nivel nacional por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), denominado producto PISCO_HyD_ARNOVIC.

El producto hidrológico PISCO_HyD_ARNOVIC (Llauca *et al.*, 2021) se encuentra disponible en <https://www.hydroshare.org/resource/f723d6c762ca45b6936dd9489bc44842/>. Este producto nace a partir del modelamiento hidrológico nacional a escala de subcuencas y tramos de río. Para ello se emplearon los datos meteorológicos grillados (0,1° x 0,1°) de precipitación y evapotranspiración potencial del producto PISCO (Aybar *et al.*, 2020), como datos de entrada al modelo hidrológico ARNO/VIC+RAPID para simular caudales medios diarios a nivel nacional. Este modelo fue calibrado utilizando los datos de caudales observados en 43 estaciones hidrométricas con cobertura entre 1981-2020. Para más información sobre este trabajo, se recomienda la lectura del siguiente estudio de SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-92.pdf>.

En este trabajo se identificaron los respectivos COMID para los tramos de río más cercanos a las Unidades Mineras en evaluación. La selección de los tramos de río se realizó a través de la plataforma https://hllauca.github.io/map_product/Identificar_COMID.html proporcionada por los autores del producto PISCO_HyD_ARNOVIC. La siguiente tabla y figuras se muestra los tramos de río seleccionados para cada unidad minera.

Tabla 1B: COMID del producto PISCO_HyD_ARNOVIC seleccionados por Unidad Minera

Unidad Minera	Unidad hidrográfica mayor	Unidad hidrográfica de análisis	COMID
Tambomayo	Camaná	Molloco	9085640
Orcopampa - Oeste	Camaná	Chilcaimarca	9084711
Orcopampa - Este	Camaná	Orcopampa	9084712
Uchucchacua - Suroeste	Huaura	Patón	9067775
Uchucchacua - Noreste	Alto Huallaga	San Juan de Baños	9067215
La Zanja - Oeste	Chancay - Lambayeque	Cañad	9050483
La Zanja - Este	Chancay – Lambayeque	Cañad	9050535
Tantahuatay - Oeste	Chancay – Lambayeque	San Juan	9050232
Tantahuatay - Este	Alto Marañón	La Quebrada	9050405
El Brocal - Oeste	Mantaro	San Juan	9068455
El Brocal - Este	Mantaro	San Juan	9068710
Julcani	Mantaro	Huachocolpa	9076626

Figura 1B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera Tambomayo

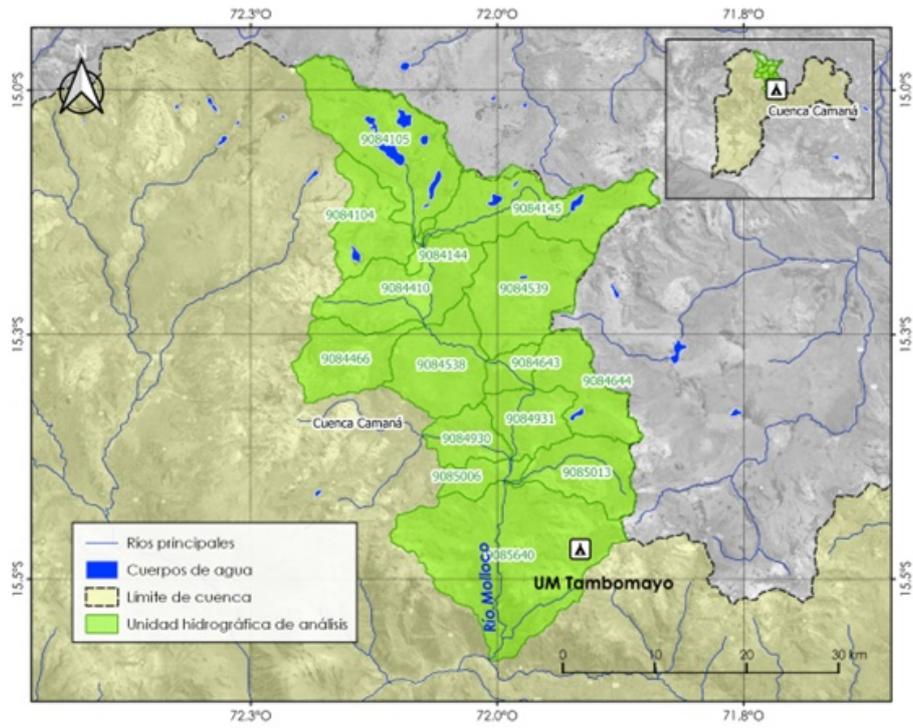


Figura 2B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera Orcopampa

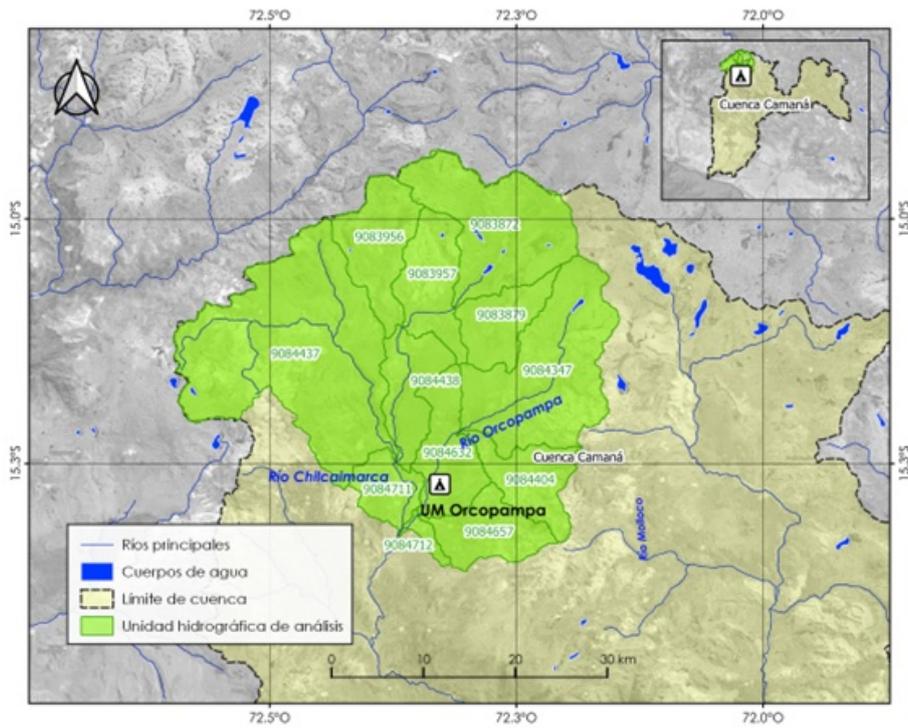


Figura 3B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera Uchucchacua

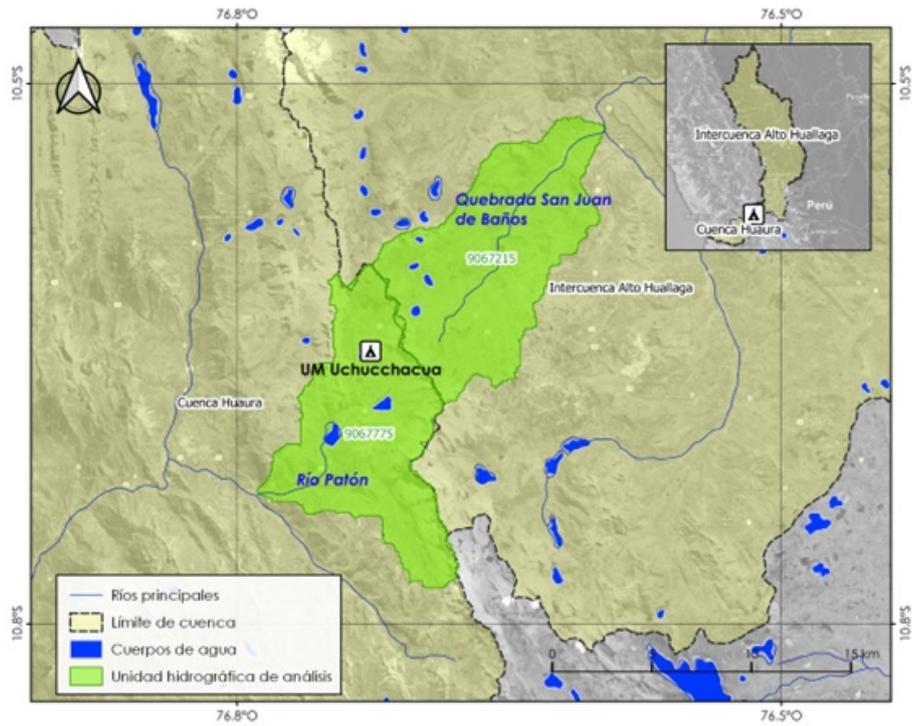


Figura 4B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera La Zanja

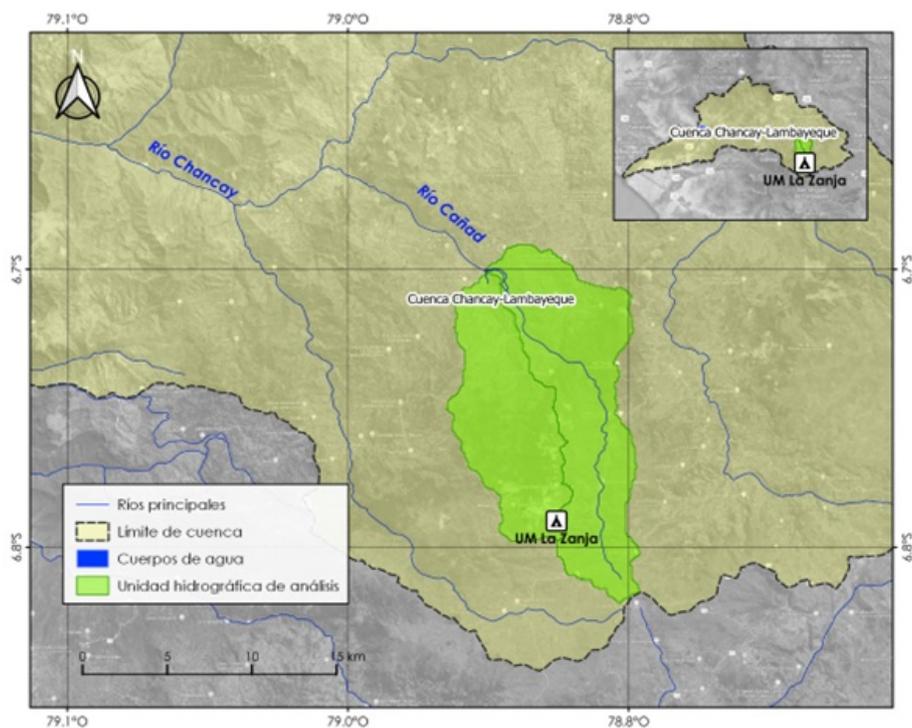


Figura 5B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera Tantahuatay

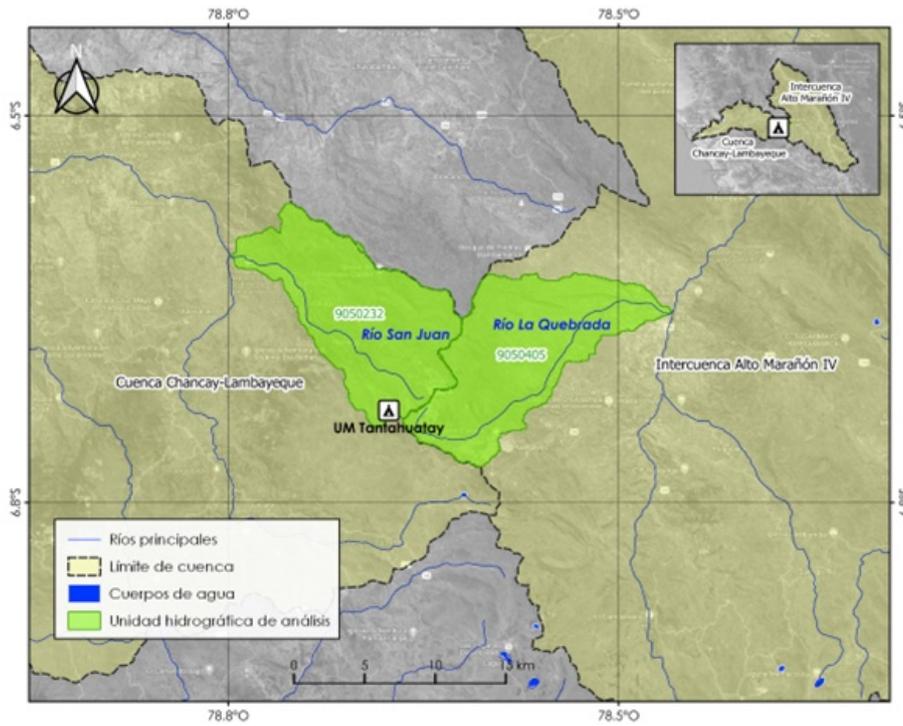


Figura 6B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera El Brocal

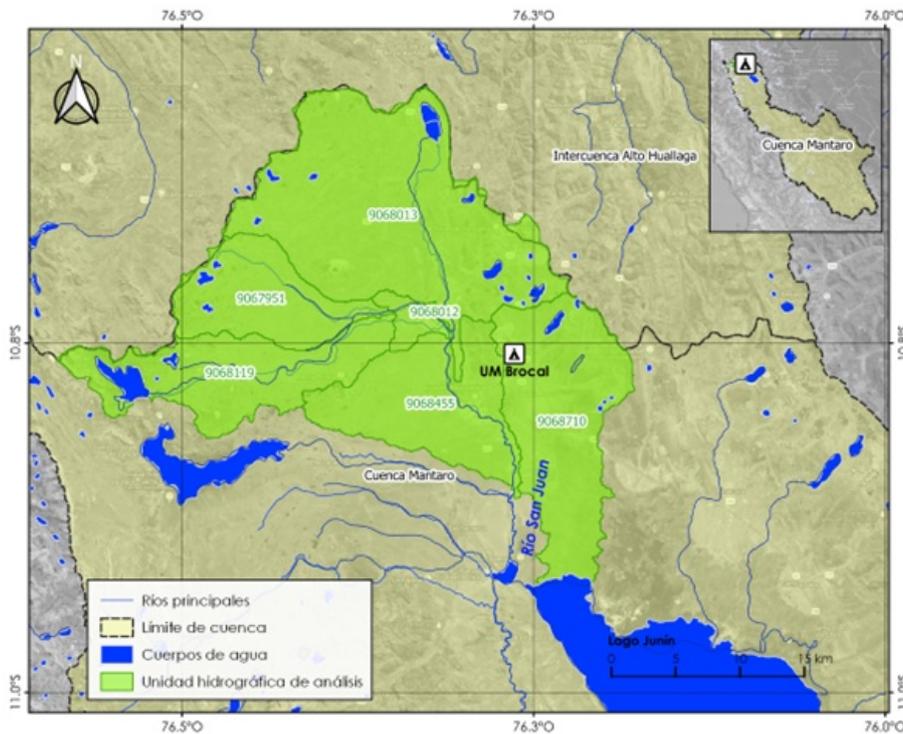
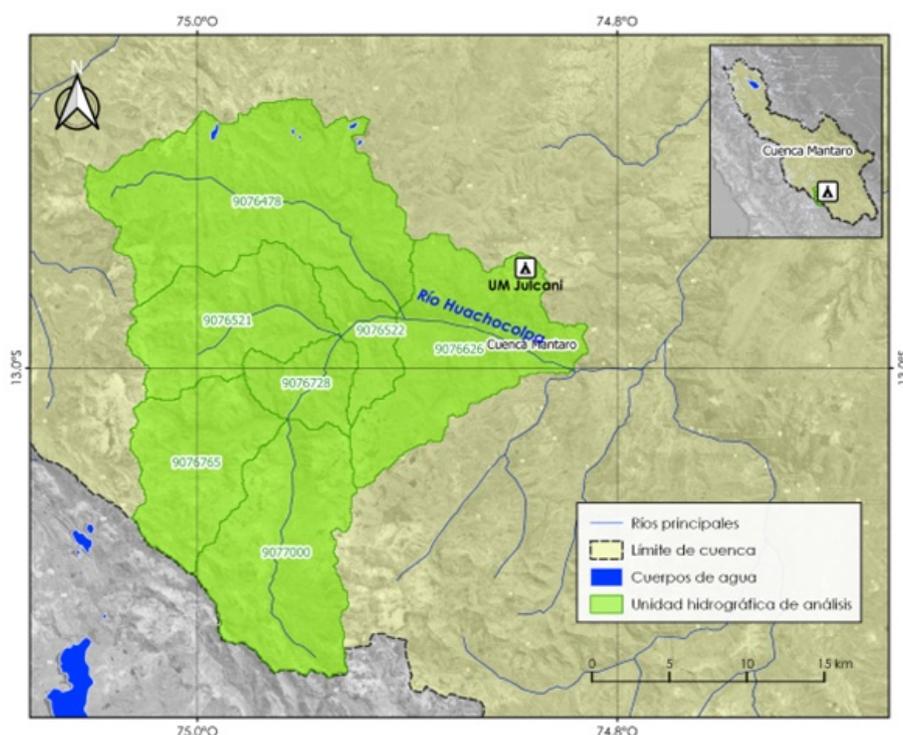


Figura 7B: Mapa de ubicación de las cuencas analizadas en la Unidad Minera Julcani



Considerando que los resultados de este producto pueden contener cierto grado de incertidumbre (sesgo) al ser aplicados a nivel local, se contrastó la información simulada con los registros de aforos proporcionados para cada Unidad Minera, así como en algunos casos datos de estaciones hidrológicas que estaban próximas a la UM. Para ello se identificaron los tramos de río en los cuales se realizaron los aforos o se ubicaba la estación y se aplicó el método de corrección de escala.

El método de escala o “scaling” consiste en aplicar un factor de corrección (f_{scal}) producto de la razón entre las medias de ambas de las simulaciones y los aforos ($f_{scal} = \frac{\text{promedio}\{\text{Sim}\}}{\text{promedio}\{\text{Aforos}\}}$), para el periodo común de datos. Se utilizó el supuesto que asume los caudales instantáneos de los aforos como caudales medios diarios observado. Asimismo, considerando que en una misma Unidad Minera pueden existir más de un tramo de río con registro de aforos, se utilizó el estadístico de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) para evaluar el sesgo de las simulaciones luego de la corrección, y seleccionar el factor de escala de menor RMSE como representativo para la Unidad Minera.

A continuación, las siguientes figuras muestran las series de tiempo de caudales medios diarios simulados (sin corrección) del producto PISCO_HyD_ARNOVIC para los tramos de río de interés en las Unidades Mineras en estudio, los registros de aforos y las series de caudales simulados luego de la corrección de sesgo.

Figura 8B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9068013) cercano a la Unidad Minera El Brocal

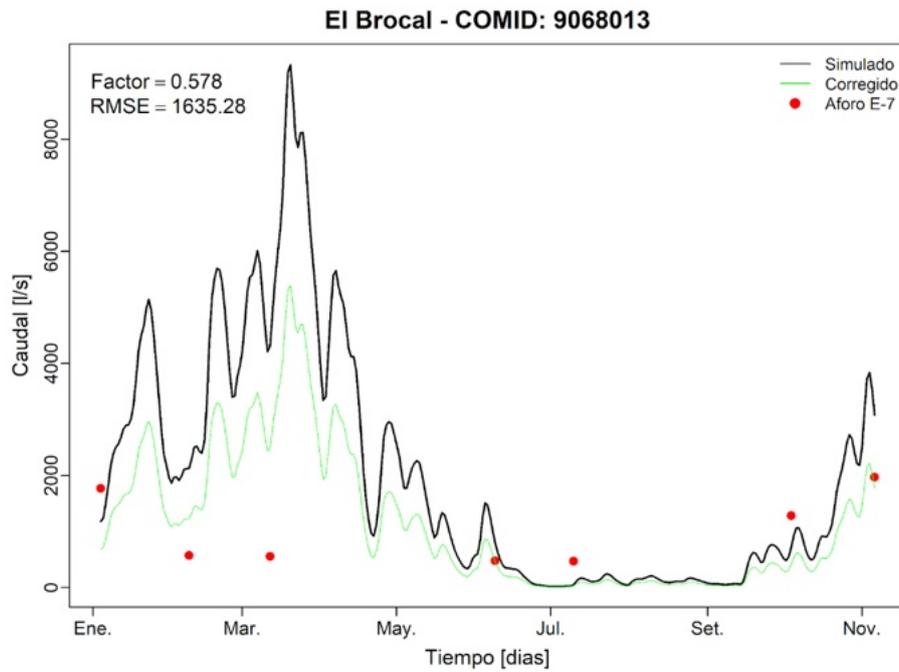


Figura 9B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9068455) cercano a la Unidad Minera El Brocal

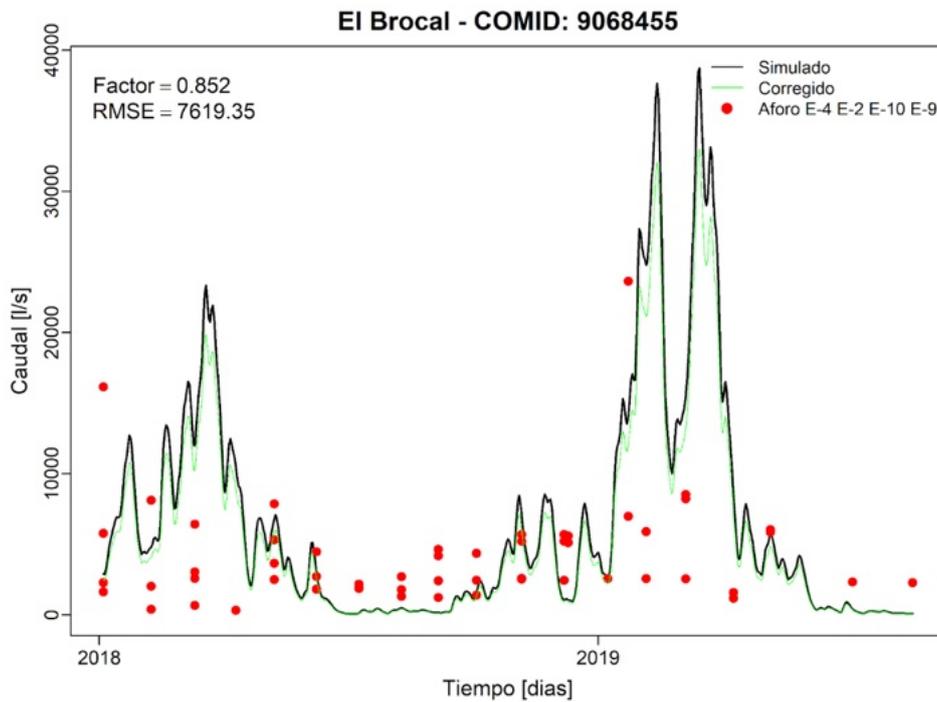


Figura 10B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9076626) cercano a la Unidad Minera Julcani

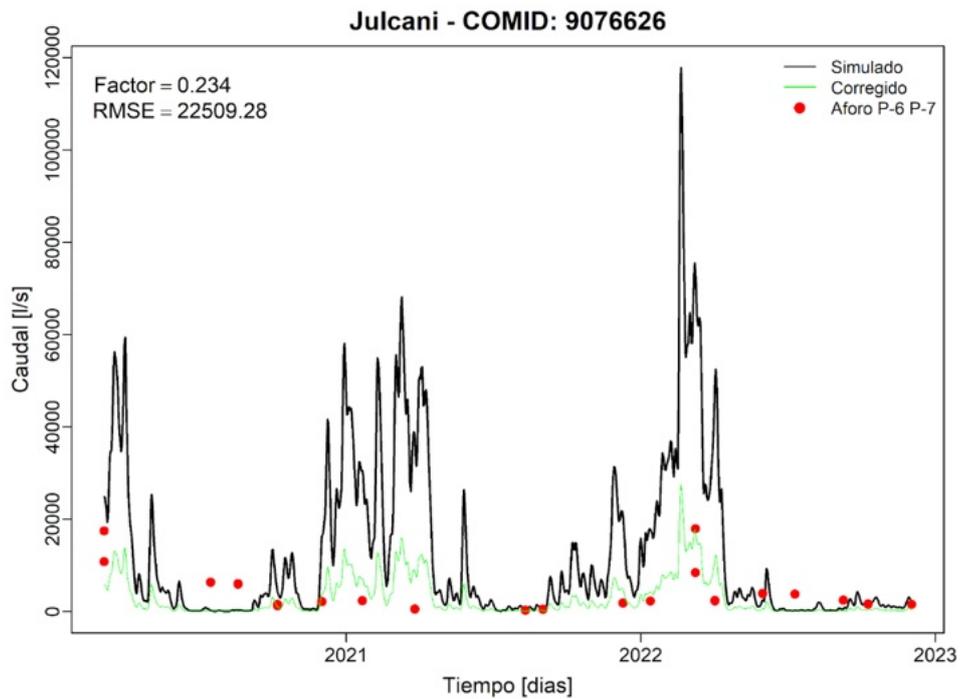


Figura 11B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de la estación hidrológica Cañad en el tramo de río (COMID=9050443) cercano a la Unidad Minera La Zanja

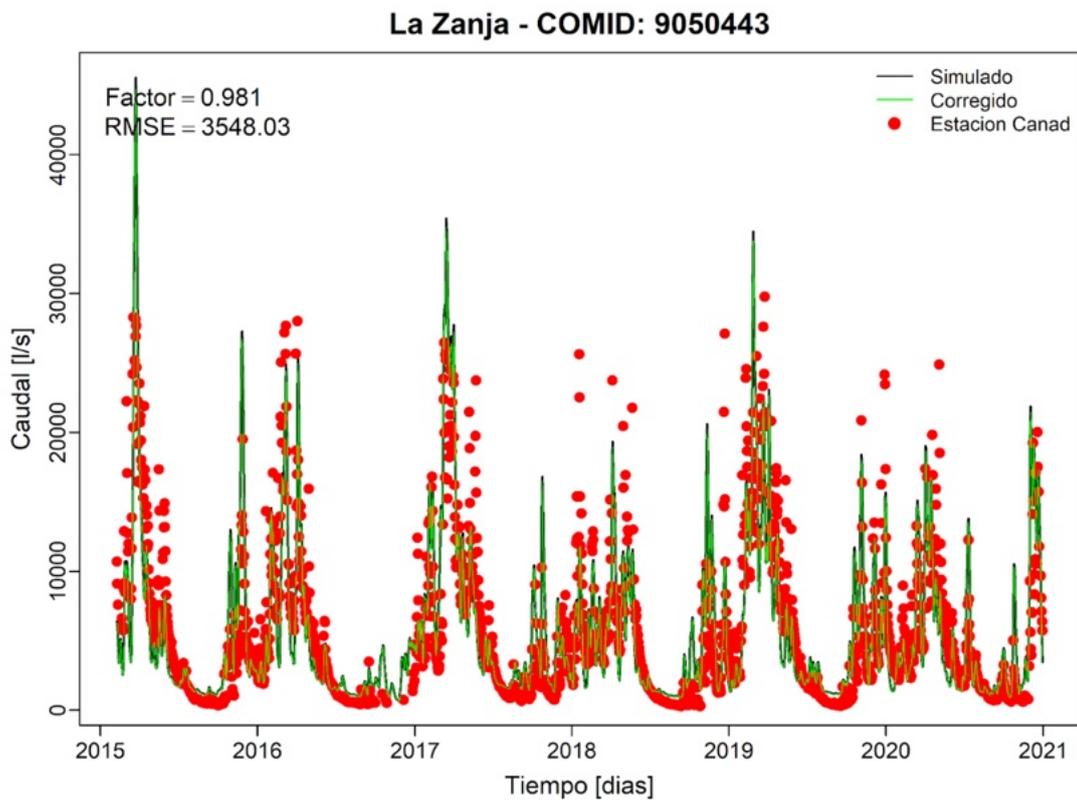


Figura 12B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9084632) cercano a la Unidad Minera Orcopampa

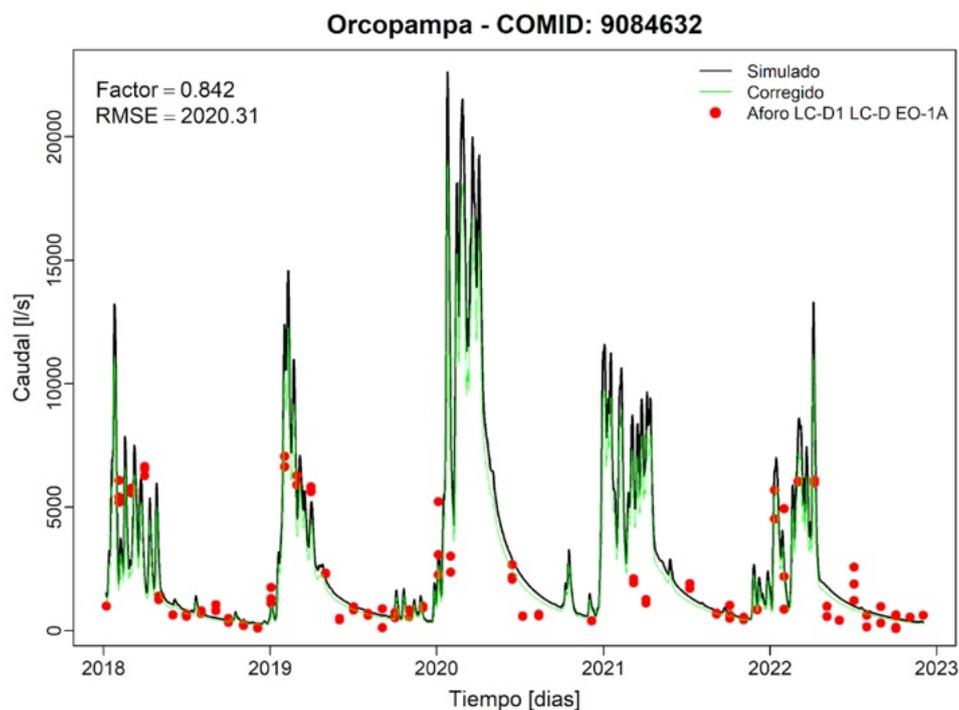


Figura 13B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9084711) cercano a la Unidad Minera Orcopampa

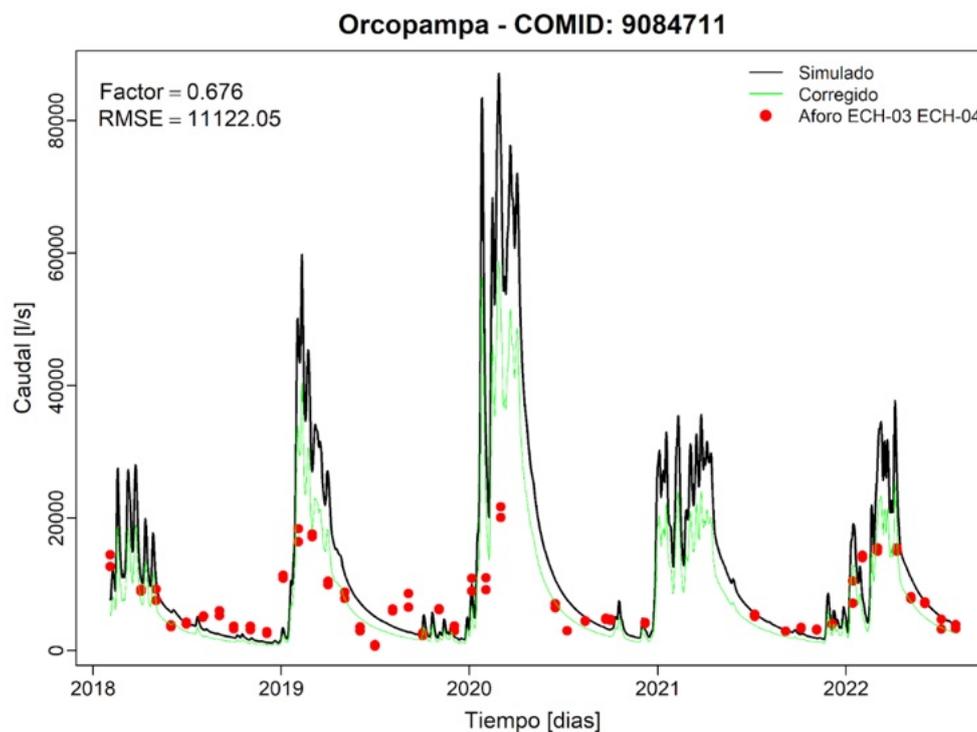


Figura 14B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9085640) cercano a la Unidad Minera Tambomayo

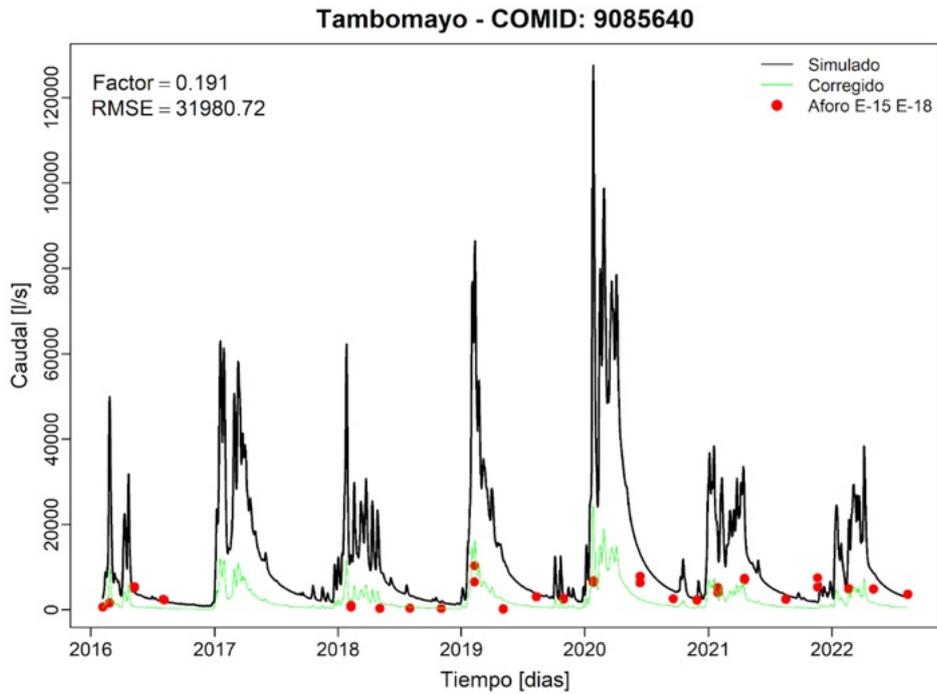


Figura 15B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de la estación hidrométrica Puente Amban en el tramo de río (COMID=9050197) cercano a la Unidad Minera Tantahuatay

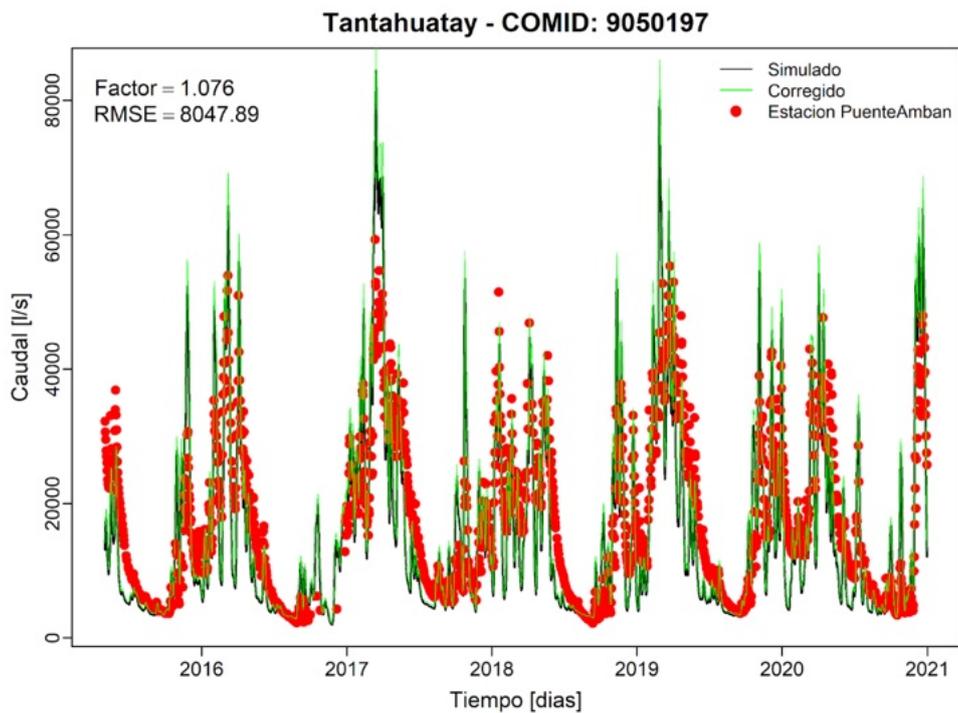
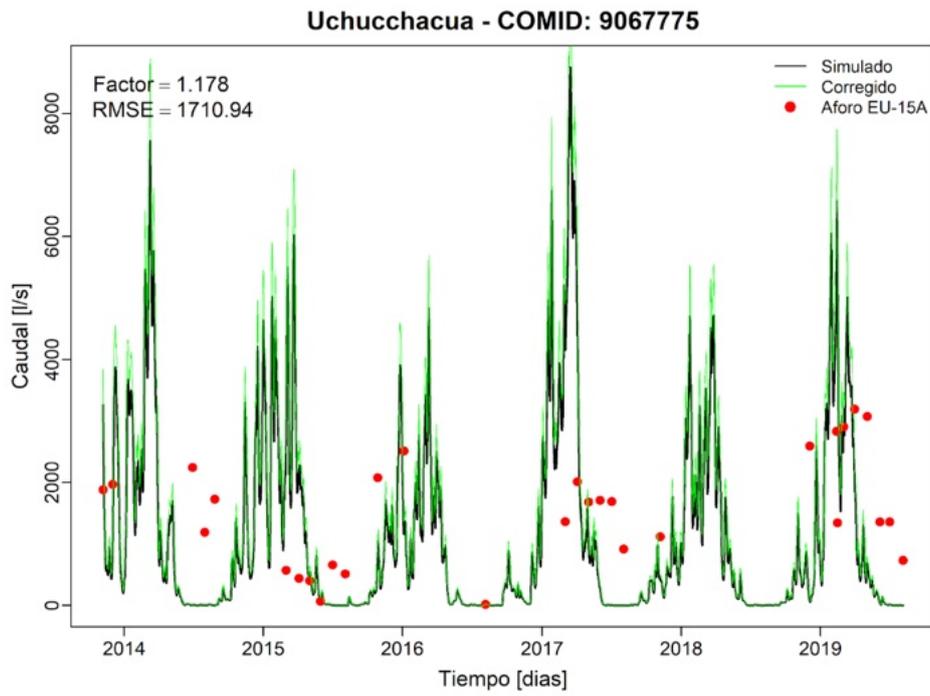


Figura 16B: Comparativo entre la serie de caudales simulados (sin y con corrección del sesgo) y el registro de aforos en el tramo de río (COMID=9067775) cercano a la Unidad Minera Uchucchacua



C. Términos técnicos utilizados

- **Acuífero**
Formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.
- **Aprovechamiento sostenible**
Utilización ordenada y responsable de los recursos hídricos sin ocasionar su disminución o deterioro a largo plazo, manteniendo sus posibilidades de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.
- **Alud**
Desprendimiento violento, en un frente glaciar, pendiente abajo, de una gran masa de nieve o hielo acompañado en algunos casos de fragmentos rocosos de diversos tamaños y sedimentos de diferente granulometría.
- **Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca**
Son órganos de la Autoridad Nacional del Agua, constituidos con la finalidad de lograr la participación activa y permanente de los gobiernos regionales, gobiernos locales, sociedad civil, organización de usuarios de agua, comunidades campesinas, comunidades nativas y demás integrantes del Sistema Nación de Gestión de Recursos Hídricos que intervienen en la cuenca, en la planificación, coordinación y concertación para el aprovechamiento sostenible de recursos hídricos en sus respectivos ámbitos, mediante el Plan de Gestión de Recursos Hídricos.
- **Déficit hídrico**
Cuando la disponibilidad de agua superficial en un periodo de tiempo de 30 días es menor al 25% de la demanda aprobada en el plan de aprovechamiento de la disponibilidad hídrica.

También se puede definir como la diferencia acumulada entre evapotranspiración potencial y precipitación durante un período determinado en el cual la precipitación es la menor de las dos variables.

La Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338 - establece que la ANA tiene como función declarar, previo estudio técnico, los estados de emergencia por escasez hídrica de las fuentes naturales de agua o cualquier conflicto relacionado con la gestión sostenible de los recursos hídricos

- **Deglaciación**
Combinación de procesos (sublimación, fragmentación, fusión y/o evaporación) que conllevan a la pérdida sostenida de hielo o nieve de un glaciar.

- **Deslizamiento**
Ruptura y desplazamiento de pequeños o grandes masas de suelos, rocas, rellenos artificiales o combinaciones de éstos, en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el movimiento.
- **Derecho de uso de agua**
Es el título habilitante otorgado mediante licencia, permiso o autorización por la Autoridad Nacional del Agua, que faculta el uso de un volumen de agua para un fin y en un lugar determinado.
- **Fenómenos de geodinámica externa**
Procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad. Por ejemplo, flujo de detritos, crecida de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, flujo de turba, caída de roca, entre otros.
- **Fenómenos meteorológicos e hidrológicos**
Entre este tipo de fenómenos, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento.
- **Huaico**
Término de origen peruano, derivado de la palabra quechua “huaico” que significa quebrada, a lo que técnicamente en geología se denomina aluvión. El “huaico” o “lloclla” (el más correcto en el idioma quechua), es un tipo de aluvión de magnitudes ligeras o moderadas, que se registra con frecuencia en las cuencas hidrográficas del país, generalmente durante el período de lluvias.
- **Inundaciones**
Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. Pueden clasificarse:
 - **Por su duración**
 - Inundaciones dinámicas o rápidas
 - Inundaciones estáticas o lentas
 - **Por su origen**
 - Inundaciones pluviales
 - Inundaciones fluviales
 - Inundaciones por operaciones incorrectas de obras de infraestructura hidráulica o rotura
- **Lluvias intensas**
Es una precipitación de agua en forma de gotas que caen con velocidad y de modo continuo. Según el tamaño de las gotas se clasifica en llovizna y lluvia.

- Nivel piezométrico
Es la carga hidráulica que tiene el agua subterránea en un punto determinado del acuífero.
- Quebrada
Hendiduras en montañas, cuyo fondo contiene una corriente natural de agua de caudal bajo, que puede desaparecer durante la época de estiaje.
- Sequías
Una sequía corresponde a una situación de déficit de agua suficiente para afectar adversamente a la vegetación, fauna, ser humano y actividades en un área determinada.

Periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico.

Pueden clasificarse en:

- Sequía meteorológica
 - Sequía hidrológica
 - Sequía agrícola
 - Sequía económica
- Sequías meteorológicas
Intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado.
 - Sismo
Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de roca en el interior de la tierra, entre su corteza y manto superior, que se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres.
 - Unidades hidrográficas
Son los espacios geográficos limitados por líneas divisorias de aguas, cuya organización está estructurada jerárquicamente por niveles, en el que la superficie de drenaje es el único criterio de decisión organizativa.
 - Uso consuntivo del agua
Agua consumida efectivamente durante alguna actividad, como la agrícola, poblacional, industrial, entre otros.