

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>3. CONDICIONES AMBIENTALES DEL EMPLAZAMIENTO DE LA MINA .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	3-1
3.2 FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA .....	3-1
3.2.1 Entorno geológico de la mina .....	3-3
3.2.2 Sismicidad.....	3-4
3.3 CLIMA Y METEOROLOGÍA .....	3-4
3.3.1 Ubicación de las estaciones y disponibilidad de datos .....	3-4
3.3.2 Temperatura .....	3-7
3.3.3 Precipitación .....	3-7
3.3.4 Precipitación Extrema.....	3-9
3.3.5 Humedad relativa .....	3-11
3.3.6 Evaporación y evapotranspiración.....	3-12
3.3.7 Velocidad y Dirección del Viento.....	3-12
3.4 EL NIÑO.....	3-15
3.4.1 Perspectiva Histórica .....	3-15
3.4.2 Recientes eventos de El Niño .....	3-15
3.5 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL .....	3-16
3.5.1 Regional .....	3-17
3.5.2 Local .....	3-17
3.5.3 Caudal Medio.....	3-20
3.5.4 Caudal de Avenida.....	3-20
3.5.5 Caudal bajo .....	3-21
3.5.6 Sistemas de Irrigación.....	3-22
3.5.7 Transporte de Sedimentos.....	3-22
3.6 HIDROLOGÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	3-23
3.6.1 Generalidades.....	3-23
3.6.2 Direcciones de Flujo .....	3-23
3.6.3 Hidrogeología del área de la mina Tambogrande .....	3-28
3.7 CALIDAD DEL AGUA .....	3-34
3.7.1 Calidad del agua superficial.....	3-34
3.7.2 Calidad del agua subterránea .....	3-42
3.7.3 Geoquímica acuática.....	3-47
3.8 CALIDAD DEL AIRE .....	3-48
3.8.1 Parámetros de muestreo .....	3-48
3.8.2 Ubicación de los puntos de muestreo.....	3-49
3.8.3 Resultados del análisis de las muestras.....	3-49

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
3.8.4 Ruido.....	3-53
3.9 ECOLOGÍA TERRESTRE.....	3-53
3.9.1 Hábitat de la vegetación.....	3-54
3.9.2 Suelos.....	3-56
3.9.3 Uso de la tierra.....	3-59
3.9.4 Flora.....	3-59
3.9.5 Contenido de metales en el tejido de las plantas.....	3-63
3.9.6 Vida silvestre.....	3-65
3.9.7 Flora y fauna amenazada y rara.....	3-66
3.10 ECOLOGÍA ACUÁTICA.....	3-67
3.10.1 Ecosistema acuático.....	3-70
3.10.2 Comunidades de peces.....	3-70
3.10.3 Biota béntica.....	3-73
3.10.4 Sedimento.....	3-73
3.10.5 Hábitat potencialmente sensible.....	3-74
3.11 ARQUEOLOGÍA.....	3-75
3.11.1 Área de influencia del proyecto.....	3-75
3.11.2 Plan de mitigación.....	3-79
3.12 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES VALIOSOS.....	3-79

## TABLAS

## PÁGINA

Tabla 3.1	Precipitación esperada para el área del Proyecto Tambogrande.....	3-9
Tabla 3.2	Precipitación Máxima en 24 horas.....	3-9
Tabla 3.3	Análisis de la Frecuencia de las Series de Precipitación POT para Chulucanas.....	3-11
Tabla 3.4	Precipitación Máxima Probable basada en las Series de Precipitación POT de Miraflores, Chulucanas y Morropón.....	3-11
Table 3.5	Eventos de El Niño de intensidades fuertes y bastante fuertes y sus clasificaciones de Confianza (según Quinn et al., 1987).....	3-15
Tabla 3.6	Indices de descarga para el Río Piura en Tambogrande .....	3-20
Tabla 3.7	Descargas de período de retorno del Río Piura.....	3-21
Tabla 3.8	Caudal bajo en el Río Piura en Tambogrande .....	3-22
Tabla 3.9	Estaciones de muestreo de la calidad del agua .....	3-35
Tabla 3.10	Concentraciones promedio para las estaciones seca y de avenidas .....	3-37
Tabla 3.11	Concentración promedio – Estación 8.....	3-39
Tabla 3.12	Concentración promedio – Estación 10.....	3-40
Tabla 3.13	Estaciones de agua superficial que excedan los límites de la Clase II/IV para por lo menos un parámetro de coliformes.....	3-41
Tabla 3.14	Concentración promedio – Estación P1.....	3-45
Tabla 3.15	Concentración promedio – Estación P3.....	3-46
Tabla 3.16	Perfil típico del suelo.....	3-57
Tabla 3.17	Concentraciones medias de metales en los suelos de cubierta cerca al depósito mineral .....	3-58
Tabla 3.18	Contenido de metales en el tejido.....	3-64
Tabla 3.19	Especies de peces reportadas en el Río Piura.....	3-71
Tabla 3.20	Lugares arqueológicos importantes en la Cuenca de Piura .....	3-76
Tabla 3.21	Ubicación de los principales lugares arqueológicos en la Concesión Minera Tambogrande.....	3-78
Tabla 3.22	Componentes Ambientales Valiosos (CAVs) identificados durante el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Tambogrande.....	3-80

## FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
Figura 3.1	Fisiografía y ubicación ..... 3-2
Figura 3.2	Ubicación de las estaciones meteorológicas del departamento de Piura..... 3-6
Figure 3.3	Rosa de los Vientos Horaria en el Campamento Manhattan..... 3-14
Figura 3.4	Ubicación de las estaciones de hidrológicas en el departamento de Piura ..... 3-19
Figura 3.5	Flujo regional del agua subterránea ..... 3-25
Figura 3.6	Elevaciones del agua subterránea..... 3-33
Figura 3.7	Ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial..... 3-36
Figura 3.8	Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea ..... 3-43
Figura 3.9	Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de aire..... 3-51
Figura 3.10	Resumen de los resultados del muestreo de calidad de aire..... 3-52
Figura 3.11	Ecología terrestre y ubicación de los puntos de muestreo de suelos ..... 3-55
Figura 3.12	Clasificación de uso de tierras..... 3-60
Figura 3.13	Hábitat de peces y ubicación del muestreo acuático ..... 3-69
Figura 3.14	Lugares arqueológicos..... 3-77

### **3. CONDICIONES AMBIENTALES DEL EMPLAZAMIENTO DE LA MINA**

#### **3.1 Introducción**

El presente capítulo proporciona una visión general de las condiciones ambientales que existen en la actualidad en la zona del Proyecto Tambogrande. El material que se presenta en este capítulo es un resumen del Estudio de Línea de Base Ambiental del Proyecto Tambogrande (Informe de Línea de Base) de abril del 2002, en el cual se describen en forma detallada las investigaciones llevadas a cabo.

#### **3.2 Fisiografía y geología**

El Proyecto Tambogrande está ubicado en la región noroeste del Perú, dentro de una unidad morfológica regional conocida como Depresión Andina (Figura 3.1). Esta unidad es una angosta faja que se extiende hacia el norte y hacia el sur entre la Cordillera Occidental y la Cordillera de la Costa. Entre las latitudes 3° S y 6° S, la Depresión Andina tiene 100 km de ancho. La Depresión tiene una superficie ligeramente ondulante y una inclinación ligeramente hacia el suroeste. Entre las características topográficas locales más importantes están las cuencas del río Piura y Chira y otras cuencas menores, así como alargadas elevaciones que se asocian con procesos eólicos. El resto de la depresión que se ubica a ambos lados del Río Piura, son principalmente terraplenes o mesetas. El yacimiento de Tambogrande se ubica en la Depresión Para-Andina, dentro de la cuenca del Río Piura.

La principal característica del relieve es el Río Piura, que discurre con diversas orientaciones. Hacia el oeste, la Llanura Pre-Andina termina en la precordillera Andina, que se desarrolla por encima de los 200 m.s.n.m.

**Figura 3.1 Fisiografía y ubicación**

La geología del noroeste del Perú consta de rocas que van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. Estas rocas son de origen metamórfico, sedimentario e ígneo (volcánico). La secuencia termina con depósitos aluviales y eólicos recientes.

El Proyecto Tambogrande se ubica en la cuenca volcánica-sedimentaria Lancones, que contiene rocas volcánicas interestratificadas con depósitos sedimentarios del Cretáceo hasta el Cuaternario. El Río Piura, aguas abajo del Chulucanas, constituye el límite entre los afloramientos rocosos y los depósitos eólicos. Los afloramientos se presentan al norte del río y los depósitos eóli

Las principales unidades litológicas que afloran cerca del emplazamiento del proyecto son: Volcánico Ereo, Volcánico La Bocana, Volcánico Lancones, la Formación Tambogrande y cuerpos intrusivos en la forma de intrusiones de diorita, granito y granodiorita.

### **3.2.1 Entorno geológico de la mina**

El yacimiento TG1 se ubica cerca del pueblo de Tambogrande y parcialmente por debajo del mismo. El TG1 comprende dos yacimientos distintos: uno de óxidos de oro/plata y un yacimiento de sulfuros masivo de cobre/zinc/oro/plata. El yacimiento está alojado dentro de un entorno de graben complejo, creado por estructuras primarias, secundarias y terciarias. El principal control estructural es un graben con dirección norte a sur, de aproximadamente un kilómetro de ancho. Estructuras secundarias con dirección hacia el noroeste crearon una hendidura terciaria de aproximadamente 300 a 400 metros, que contiene el yacimiento de sulfuros. El yacimiento subyace y está flanqueado por rocas dacíticas con basalto intercalado y andesita con porciones menores del yacimiento que yacen sobre el basalto. El contacto basal del yacimiento de sulfuros es un indicador bastante regular y categórico de deposición sobre cumbres de flujo volcánico y no en domos. Los flujos y conglomerados de fragmentos de roca y arena, forman abanicos que están próximos a los sulfuros y que subyacen a los mismos.

de Roca Estéril y de Relaves de Tambogrande, se incluyen los detalles sobre los criterios de diseño sísmico empleados para el diseño.

### **3.3 Clima y meteorología**

#### **3.3.1 Ubicación de las estaciones y disponibilidad de datos**

La cuenca del Río Piura, donde se ubica el Proyecto Tambogrande, tiene una amplia red de estaciones meteorológicas e hidrológicas. La principal fuente de información hidro-meteorológica para la cuenca del Río Piura es el Proyecto Chira-Piura (Proyecto Especial Chira-Piura” PEChP), el cual cuenta con 14 estaciones meteorológicas y 40

estaciones de registros de lluvia, las que cuentan con datos registrados desde el año 1972. Otras estaciones, operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI y otras instituciones, datan del año 1942 estudios regionales tales como el Estudio de Hidrología del Perú (IILA-SENAMHI-UNI, 1983) y el Atlas de Evaporación en el Perú (SENAMHI, 1994).

En la preparación del Informe de Línea de Base se utilizaron los datos de 36 estaciones ubicadas en el área del Proyecto Tambogrande. En la Figura 3.2 se muestra la ubicación de estas estaciones.

**Figura 3.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas del departamento de Piura**

### **3.3.2 Temperatura**

La temperatura media anual en Tambogrande es aproximadamente 24 °C, y en el mes de febrero, el mes más caluroso, esta alcanza un valor promedio diario de 27.8 °C. El mes de julio es el más fresco, con una temperatura promedio diaria de 21.7 °C. Estas cifras se basan en las observaciones realizadas en las estaciones meteorológicas El Tablazo y Tejedores, las cuales contaban con registros desde el año 1963 hasta 1968 y del año 1972 hasta 1980, respectivamente.

### **3.3.3 Precipitación**

La precipitación mediana anual en el área de Tambogrande varía entre 26 mm y 232 mm, con una tendencia general de incremento de la precipitación de oeste a este. Gran parte de la precipitación que ocurre sobre las áreas costeras del Perú se presenta durante eventos poco frecuentes de tormentas. Como consecuencia de esto, la precipitación media anual es mayor que la precipitación mediana anual en todas las estaciones, la que varía desde 122 mm en Montegrande hasta 461 mm en Partidor. Aguas arriba, en la cuenca del Río Piura, la precipitación media anual llega a 1092 mm en la Estación Frias (1964 – 1987), que se ubica a una elevación de 1700 m.s.n.m.

Como consecuencia del fenómeno de El Niño (ver Sección 3.4), las lluvias asociadas a las regiones costeras del norte del Perú y el sur del Ecuador representan una de las anomalías climáticas más dramáticas que se pueda encontrar sobre la Tierra. Estos eventos de El Niño están relacionados con la ocurrencia de los ciclos de Oscilación Sur de El Niño (El Niño Southern Oscillation (ENSO)), que corresponde a un calentamiento anómalo del océano y la ocurrencia de mayores lluvias convectivas a lo largo de la costa norte del Perú y la costa sur del Ecuador.

Durante los años de El Niño, se producen lluvias más intensas de lo normal. Este grandes avenidas que provocan serios daños debido a la inundación

y la erosión en la mayor parte de los valles costeros del norte del Perú, que incluye el área donde se tiene proyectado desarrollar el Proyecto Tambogrande. La discrepancia entre la precipitación media y mediana en la llanura costera es particularmente pronunciada en las estaciones donde se dispone de datos para los años de El Niño 1982/83 y 1997/98.

Los valores esperados de precipitación mensual media y anual mediana se basan en el informe del registro ubicado cerca de Chulucanas. Sin embargo, y debido a que Chulucanas se ubica al este de Tambogrande, el efecto de la lluvia orográfica podría ser mayor en Chulucanas que en el emplazamiento del proyecto.

En Enero del 2000 se instaló en el local de exploración y administración de Manhattan, en el extremo norte del pueblo de Tambogrande, una estación meteorológica automatizada. Ya que hay más datos disponibles, es posible que la precipitación anual y mensual prevista en Tambogrande se reduzca de los estimados actuales.

La Tabla 3.1 que se incluye a continuación presenta la información correspondiente a las precipitaciones durante años secos, sobre la base de los registros de la Estación de Chulucanas. A partir de estas observaciones, se calcula la precipitación anual media y mediana para Tambogrande en 147 y 379 mm. En el mes de Marzo se espera que ocurra aproximadamente el 40 por ciento del total de la precipitación anual y representa el mes más húmedo, mientras que el período que va de Julio a Noviembre son los meses más secos y se prevé que en ellos se presente menos de 1 mm de lluvias por mes. Ver el Capítulo 4 del Informe de Línea de Base para un mayor análisis detallado e interpretación de las observaciones meteo

**Tabla 3.1 Precipitación esperada para el área del Proyecto Tambogrande**

PARAMETRO	VALOR
Precipitación Mediana Anual (de la Estación de Chulucanas)	147 mm
Precipitación Media Anual (de la Estación de Chulucanas)	379 mm
Precipitación anual de sequía de 10 años de retorno (Chulucanas)	49 mm
Cantidad de años consecutivos con menos precipitación que la precipitación seca en 10 años para el período de registro.	
Chulucanas (39 años)	1
Morropón (45 años)	1
Precipitación anual de sequía de 5 años de retorno (Chulucanas)	65 mm
Cantidad de años consecutivos con menos precipitación que la precipitación seca en 5	
Chulucanas (39 años)	2
Morropón (45 años)	2

### 3.3.4 Precipitación Extrema

Con la finalidad de determinar los valores representativos de la precipitación extrema para diferente duración de lluvias y períodos de retorno, se ha desarrollado un enfoque de pico mayor al límite (Peak over Threshold POT) o series de duración parcial.

Se calculó las series de precipitación POT para diferentes duraciones (1 día, 3 días, 7 días, 1 mes y 3 meses) a partir de las Estaciones CORPAC-Piura, Miraflores, Chilaco, Chulucanas, Morropón y Partidor. La Tabla 3.2 da los resultados máxima de 1 día para los diversos períodos de retorno.

**Tabla 3.2 Precipitación Máxima en 24 horas**

PERÍODO DE RETORNO	MIRAFLORES (mm)	CHULUCANAS (mm)	MORROPÓN (mm)
10 Años	118	159	133
50 Años	168	212	177
100 Años	190	235	197
500 Años	240	288	240

- a) Basado en series de Precipitación POT usando distribución modificada Gumbel I  
 b) Las lecturas diarias han sido ajustadas por un factor de 1.13 por WMO, 1986

Con la finalidad de determinar cuál de las tres estaciones es la más representativa para la zona de Tambogrande, se llevó a cabo una comparación directa usando la precipitación diaria máxima de 155 mm medida en Tambogrande en el mes de Febrero durante El Niño de 1998. Este valor es el 89 por ciento del valor medido en Miraflores y el 93 por ciento del valor medido en Chulucanas y en Morropón. La precipitación total medida de Enero a Abril de 1998 en Tambogrande (4,049 mm) mostró mayor similitud con los valores registrados en Chulucanas (3,290 mm) que los valores registrados en Miraflores (1,850 mm) y en Morropón (2,590 mm). Por lo tanto, se ha asumido que la precipitación diaria para un período de retorno de 100 años en Tambogrande, sería de 208 mm, usando como base la estación de Chulucanas. Usando un factor de 1.13 para convertir la lluvia diaria a la lluvia máxima de 24 horas, la tormenta de 24 horas sería de 235 mm.

También se calcularon los valores representativos para otras duraciones de tormentas y períodos de retorno, empleando como base la Estación de Chulucanas y adaptando las correspondientes series POT a una distribución Modificada Gumbel, las cuales se muestran en la Tabla 3.3. Los eventos de El Niño de 1982/83 y 1997/98 tienen períodos de retorno de aproximadamente 50 años para duraciones de tormentas de 7 días o más, mientras que el período de retorno es de alrededor de 100 a 200 años para las tormentas de duración de 3 días. Estos resultados son compatibles con los registros de precipitaciones, en donde los días consecutivos d  
5 días. Se llevó a cabo un análisis de la lluvia de 4 meses a manera de una aproximación de la precipitación anual. Se encontró que, debido a El Niño, los datos de precipitación anual estaban extremadamente sesgados, pero que los datos de 4 meses se adecuaban mejor al análisis de frecuencia. En forma coherente con el análisis de precipitación de menor duración, se usó la metodología POT. Resulta razonable asumir que la precipitación extrema de 4 meses es representativa de la precipitación anual, ya que hay muy poca lluvia y alta evaporación durante los otros 8

**Tabla 3.3 Análisis de la Frecuencia de las Series de Precipitación POT para Chulucanas**

PERÍODO DE RETORNO	DURACIÓN DE LA TORMENTA			
	72-h (mm)	7-día (mm)	1-mes (mm)	4-mes (mm)
10 Años	252	413	842	1895
50 Años	349	569	1263	3045
100 Años	392	634	1442	3530
500 Años	488	786	1854	4651

Usando Distribución Modificada Gumbel I)

Las lecturas de 3 días han sido ajustadas por 1.04 según WMO 1986.

La precipitación máxima probable (PMP) se calculó usando el método estadístico Hershfield (WMO, 1986). Los resultados de estos cálculos se muestran en la Tabla 3.4, que incluye una columna para los valores máximos mundiales de precipitaciones registrados hasta el año 1967 (Todd 1970). La mayor parte de los valores dados corresponden a zonas tropicales sujetas a huracanes o monzones de Asia Meridional. Cuando se trata de una zona como el área del Proyecto Tambogrande, la cual se ve afectada por fenómenos climáticos bastante anómalos (los ciclos ENSO), el método preferido de estimación para la PMP es la evaluación meteorológica de los frentes climáticos potenciales que pudieran provocar eventos de fuertes e intensas tormentas.

**Tabla 3.4 Precipitación Máxima Probable basada en las Series de Precipitación POT de Miraflores, Chulucanas y Morropón**

DURACIÓN PMP	MIRAFLORES (mm)	CHULUCANAS (mm)	MORROPÓN (mm)	MÁXIMO EN EL MUNDO (mm)
1 día	721	731	630	1900
3 días	1036	1337	1164	3400
7 días	1339	2137	1894	4950
1 mes	4530	5669	4329	9600
3 meses	10659	12101	8796	16350

Basado en Series de Precipitación POT Miraflores, Chulucanas y Morropon.

Actualizado en 1967 de Foster (1948) por UNECAFE (Todd, 1970).

### 3.3.5 Humedad relativa

Sobre la base de las observaciones locales, la humedad relativa en la región varía

entre 66.5 y 71.5 por ciento, y no varía significativamente a lo largo del año.

### **3.3.6 Evaporación y evapotranspiración**

Según el Atlas de Evaporación en el Perú (SENAMHI, 1994), la evaporación anual promedio en bandeja para Tambogrande es de aproximadamente 2300 mm. La ciudad de Piura, ubicada aguas abajo, en la región más árida de la cuenca del Río Piura, tiene un coeficiente de evaporación en bandeja de aproximadamente 2600 mm (SENAMHI, 1994). Usando un coeficiente de bandeja de 0.7, la evaporación promedio anual se estima en 1600 mm en Tambogrande, 1500 mm en Tejedores, y 1800 mm en Piura.

La evapotranspiración potencial fue estimada por Tello Vargas (1991) usando el método Thornthwaite, y ésta varía desde 1285 mm en Morropón (140 msnm) hasta 1449 mm en CORPAC-Piura (49 msnm). Se estima que la evapotranspiración real varía desde 50 mm en CORPAC-Piura hasta 300 mm en Morropón, debido a la estacionalidad de la lluvia. En el Informe de Línea de Base se incluyen estimados mensuales de la evapotranspiración.

### **3.3.7 Velocidad y Dirección del Viento**

La velocidad promedio mensual del viento registrada en la estación Tejedores fue 2.6 m/s para el período de 1972 hasta 1980. La dirección del viento que prevaleció fue de sur a oeste. Los datos de la estación meteorológica de Manhattan instalada en el extremo norte del pueblo de Tambogrande también muestran esta dirección del viento de sur a oeste (ver Figure 3.3). La velocidad promedio del viento registrada en la estación Manhattan para el período enero 2000 a febrero 2001 fue de 1.6 m/s (5.9 km/h) con direcciones WSW. En la estación Manhattan se registró una velocidad menor que la registrada en la estación Tejedores. Esto se produce porque Tejedores está ubicada más cerca a los Andes y por eso se ve más afectada por el relieve

En el área sur de Tambogrande, la escasa vegetación permite una fuerte refracción solar sobre la arena. En consecuencia, en la tarde (alrededor de las 4 pm), se desarrollan áreas localizadas de baja presión, dando lugar a vientos de tipo remolino que de alguna manera enfrían el área, al mismo tiempo que levantan grandes cantidades de polvo. Este fenómeno diurno se observa consistentemente a lo largo de todo el año. La fuerza y el volumen de estos vientos es considerable. Los vientos disminuyen alrededor de las 8 pm y se convierten en brisa. Un resumen de los datos de la estación Tejedores para el período de 1958 hasta 1970 muestra una velocidad promedio anual del viento desde menos de 0.3 m/s a las 7 a.m., a 2.1 m/s a la 1 p.m., y hasta 3.2 m/s a las 7 p.m. (Espinoza, 1987). La máxima velocidad del viento campamento Manhattan fue una ráfaga de viento de 13.9 m/s (49.9 km/h) en el mes de octubre. La velocidad máxima del viento horaria fue de 6.7 m/s (24.1 km/h) desde WSW, entre las 5 p.m. y las 6 p.m. del 14 diciembre del 2000.

**Figure 3.3 Rosa de los Vientos Horaria en el Campamento Manhattan**

### 3.4 El Niño

#### 3.4.1 Perspectiva Histórica

En la Tabla 3.5 se presenta una lista seleccionada de los eventos de El Niño desde el año 1525. La tabla se elaboró a partir de la literatura histórica disponible desde la conquista española y las primeras décadas de la República, además de registros de flujo sistemático aleatorio existentes para el siglo diecinueve y el siglo veinte.

**Tabla 3.5 Eventos de El Niño de intensidades fuertes y bastante fuertes y sus clasificaciones de Confianza (según Quinn et al., 1987)**

Evento de El Niño	Fuerza del evento	Grado de Confianza	Evento de El Niño	Fuerza del evento	Grado de Confianza
1525 – 1526	F	3	1747	F	5
1531 – 1532	F	4	1761	F	5
1539 – 1541	MF	3	1775	F	4
1552	F	4	1785 – 1786	F	4
1567 – 1568	F +	5	1791	MF	5
1574	F	4	1803 – 1804	F +	5
1578	MF	5	1814	F	4
1591 – 1592	F	2	1828	MF	5
1607	F	5	1844 – 1845	F +	5
1614	F	5	1864	F	5
1618 – 1619	F	4	1871	F +	5
1624	F +	4	1877 – 1878	MF	5
1634	F	4	1884	F +	5
1652	F +	4	1891	MF	5
1660	F	3	1899 – 1900	F	5
1671	F	3	1911 – 1912	F	4
1681	F	3	1917	F	5
1687 – 1688	F +	4	1925 – 1926	MF	5
1696	F	3	1932	F	5
1701	F +	4	1940 – 1941	F	5
1707 – 1708	F	3	1957 – 1958	F	5
1714 – 1715	F	4	1972 – 1973	F	5
1720	F +	4	1982 – 1983	MF	5
1728	MF	5	1997 – 1998	MF	5

F: Fuerte

MF: Muy fuerte

2: Eventos basados en prueba circunstancial limitada.

3: Referencias adicionales necesarias para afirmar la época en que se produjo o la intensidad.

4: La información sobre la época en que ocurrió y la intensidad es satisfactoria, pero nos gustaría tener referencias adicionales sobre la extensión del área.

5: Se considera satisfactoria la información existente sobre intensidad y ocurrencia.

proporcionada por las mediciones de radar, que juntos permiten un mejor

-1983 y 1997-1998, es que la lluvia aumenta hacia el centro del Departamento de Piura, produciéndose las mayores lluvias en la zona de la precordillera.

### **3.5 Hidrología Superficial**

El patrón de caudal en el Río Piura es similar al de otros ríos de la costa peruana; principalmente un período de alto caudal de Enero a Abril y un período seco para los ocho meses restantes. El Río Piura es irregular y por lo general cambia su curso cuando hay avenidas. Estas variaciones naturales de cauce del Río Piura se describen en el Informe de Línea de Base. Además de la variación estacional de caudal, existen

importantes diferencias en los volúmenes de caudal anual en la mayoría de ríos del 0, el caudal total registrado en Puente Sánchez Cerro fue de 9.4 Mm<sup>3</sup> para el año. En 1998, el caudal máximo diario en esa misma estación fue de 3,367 m<sup>3</sup>/s, o aproximadamente 382 mm<sup>3</sup>, en un período de 24 horas.

### **3.5.1 Regional**

El Río Piura, que tiene su origen en la Cadena de Huancabamba de los Andes, corre hacia el noroeste hasta Serena y luego hacia el suroeste hasta Sechura, en donde se desplaza a lo largo del límite norte del desierto de Sechura antes de desembocar en el mar (Tello Vargas, 1991).

En sus tramos superiores, en donde los índices de precipitación son mayores y el basamento rocoso es poco profundo, el caudal es perenne. En su sección media, el río alimenta un amplio sistema de canales y recarga la capa acuífera subyacente. En consecuencia, el caudal del río es efímero y puede secarse de agosto a diciembre en la estación Puente Ñácara, cerca de Chulucanas.

No obstante, en las estaciones de Tambogrande y Puente Sánchez Cerro (Piura), en la cuenca del Bajo Piura, el caudal del río es nuevamente perenne debido a los aportes del proyecto de la irrigación San Lorenzo. Aguas abajo de la ciudad de Piura, el caudal del río se hace nuevamente efímero ya que atraviesa la árida llanura costera. Durante los períodos de avenidas, el río puede cambiar de dirección hacia la Laguna Ramón y Ñapique. Durante estos períodos, el río descarga a través de la Laguna Ramón hacia el estuario de Virrilá. Como consecuencia del fenómeno de El Niño 1997/98, las lagunas Ramón y Salinas se convierten en un lago gigantesco, que posteriormente revierte a su condición previa.

### **3.5.2 Local**

Los cuatro puntos de aforo ubicados más cerca al Proyecto Tambogrande son Puente Ñácara, Quebrada San Francisco, Tambogrande, y Puente Sánchez Cerro. En la

Figura 3.4 se muestra la ubicación de estas estaciones. En general, el caudal aumenta a lo largo del Río Piura desde Puente Ñácara hasta Puente Sánchez Cerro. Las mediciones en la estación Tambogrande son discontinuas y no registraron el caudal de 1982/83. Por eso, el caudal anual medio de 63 m<sup>3</sup>/s en Tambogrande podría estar subestimado. Durante El Niño de 1998/99, la descarga máxima diaria medida en la estación de Tambogrande fue 1,950 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 3.4**    **Ubicación de las estaciones de hidrológicas en el departamento de Piura**

### 3.5.3 Caudal Medio

Por lo general, los caudales diarios en la región aumentan durante la época de lluvias (hasta un valor máximo calculado de 164 m<sup>3</sup>/s en marzo) y a menudo no están presentes durante la época seca. En la Tabla 3.6 se presentan los índices de descarga para el Río Piura en Tambogrande. Durante algunos años de El Niño, los caudales son marcadamente mayores que durante los años típicos, particularmente durante la época de lluvias. El caudal máximo instantáneo de 3287 m<sup>3</sup>/s se registró durante el evento de El Niño de 1998. En contraste, durante algunos años de sequía, el caudal en el Río Piura en Tambogrande es insignificante.

**Tabla 3.6 Índices de descarga para el Río Piura en Tambogrande**

PARÁMETROS	VALOR (m <sup>3</sup> /s)
Descarga Media Anual	63
Descarga Media Mensual	
Enero	39
Febrero	102
Marzo	164
Abril	120
Mayo	50
Junio	18
Julio	9
Agosto	2
Setiembre	1.2
Octubre	0.8
Noviembre	1.0
Diciembre	1.0
Descarga Anual Mínima	0.1

### 3.5.4 Caudal de Avenida

Debido a los eventos de El Niño, se ha usado Picos Mayores al Límite (Peaks Over Threshold (POT)) o Series de Duración Parcial para los análisis de frecuencia del de los datos de caudal diario durante los años de El Niño indicó que se produjeron una serie de eventos importantes de inundaciones a lo largo de un período de 4 meses, que excedieron muchos de los eventos anuales de avenidas empleo, entre enero y abril de 1998 hubo 15 valores de

encia de caudal. El primer método fue un análisis de frecuencia de caudal regional usando la escorrentía unitaria versus el área colectora. Se determinaron los caudales de período de retorno usando una distribución probable del tipo Log Pearson III (por momentos) para cada estación. Esta distribución se adaptó a los datos y se detalla en el Informe de Línea de Base. En la Tabla 3.7 se muestran las descargas del Río Piura para diferentes períodos de retorno.

**Tabla 3.7 Descargas de período de retorno del Río Piura**

PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)	RÍO PIURA EN TAMBOGRANDE (m <sup>3</sup> /s)	
	INSTANTÁNEO	DIARIO
10	3020	2010
100	5270	3510
1000	9050	6020
El Niño 1998	3750	3290

### 3.5.5 Caudal bajo

En algunos años, el Río Piura prácticamente se seca y aproximadamente 20 por ciento del tiempo su caudal es menor que 0.25 m<sup>3</sup>/s. Aproximadamente el 70 por ciento del tiempo el caudal es menor que 5.00 m<sup>3</sup>/s en la estación de Tambograde. Los caudales mínimos diarios en el Río Piura se dan por lo general entre setiembre y diciembre, y son particularmente bajos cuando el período de lluvias anterior (de junio a agosto) ha sido más intenso que lo normal. La precipitación que ocurre entre los meses de enero a abril, la estación de lluvias, se filtra en el suelo y recarga los acuíferos, los que a su vez liberan agua hacia el Río Piura a lo largo de un período de tres a cuatro meses.

Sobre la base de la información de caudal diario registrado en la estación de Tambogrande, se calcularon los caudales secos de 10 años para diferentes duraciones. En la Tabla 3.8 se muestran estos valores. Como se esperaba, el caudal aumenta con la duración. En algunos años, el río se seca por completo en el puente Ñácara (Chulucanas). El agua que se descarga del Reservorio San Lorenzo alimenta la Quebrada San Francisco, la que a su vez proporciona gran parte del caudal que se observa en Tambogrande. Si no existiera el sistema de irrigación, los caudales mínimos en Tambogrande muy probablemente serían cercanos a cero.

**Tabla 3.8 Caudal bajo en el Río Piura en Tambogrande**

DURACIÓN (día)	CAUDAL DE SEQUÍA DE 10 AÑOS DE RETORNO (l/s)
7	60
30	85
180	100

### 3.5.6 Sistemas de Irrigación

Existe un amplio sistema de canales de irrigación en el área del Proyecto Tambogrande. En gran medida, el sistema de canales es alimentado por agua que es transferida desde la cuenca colectora del Río Chira vía dos proyectos de irrigación: el reservorio de San Lorenzo que tiene una capacidad de almacenamiento de 258 Mm<sup>3</sup> y el de Chira-Piura-Poechos que tiene una capacidad de 1,000 Mm<sup>3</sup>

### 3.5.7 Transporte de Sedimentos

Por lo general, las cargas de sedimentos en el Río Piura son altas y pueden llegar a ser extremadamente altas durante eventos de El Niño. El PECh de sólidos suspendidos en el Río Piura en la estación Puente Sánchez Cerro usando un muestreador de sedimentos en suspensión USD-49. El tonelaje máximo diario de sólidos suspendidos durante el fenómeno de El Niño de 1983 se registró en enero, y fue de 4.17 millones de toneladas de sólidos suspendidos en un día, para un caudal promedio de 1,552.9 m<sup>3</sup>/s y una concentración promedio de 31,080 mg/L.

la Cuenca alta del Piura (al sureste de Tambogrande) y la Cuenca del Baja del Piura (suroeste de Tambogrande). Se cree que el límite entre estas dos captaciones es una divisoria regional del flujo de aguas (Figura 3.5). Además, la cuenca superior se dividió a su vez en tres regiones geomorfológicas diferentes: áreas montañosas, valle del Río Piura y el Desierto de Sechura (arenas eólicas). En el Informe de Línea de Base se incluye una descripción detallada de la geología regional.

## **3.6.2 Direcciones de Flujo**

### **3.6.2.1 Generalidades**

Se cree que existe una divisoria regional del flujo de agua subterránea dentro del Desierto de Sechura, directamente al sur de Tambogrande, que divide el área total colectora en áreas colectoras Alta y Baja. Posiblemente la divisoria del flujo de aguas subterráneas fue creada por una curva en el Río Piura (provocada hacia el norte de una gran duna de arena eólica). Dentro de las cuencas alta y baja existen altos potenciales de recarga dentro de los depósitos eólicos, así como la gran depresión hidráulica opuesta provocada por una fuerte explotación del agua

subterránea. La explotación del agua subterránea en la cuenca provoca importantes cambios en los regímenes de flujo de estas aguas, así como importantes impactos para el balance general de agua para toda el área colectora.

**Figura 3.5 Flujo regional del agua subterránea**

### **3.6.2.2 Flujo de agua subterránea dentro del área montañosa**

La geología local del basamento rocoso consiste principalmente de rocas volcánicas interestratificadas con volcanoclásticas con intrusivos predominantemente félsicos a intermedios. La roca en el área tiene una baja conductividad hidráulica, con poca evidencia de zonas de falla de alta transmisividad. Sin embargo, se espera que la parte intemperizada superior del basamento rocoso (que se calcula en 10 a 30 m de espesor sobre la base de las perforaciones realizadas en Tambogrande) tenga una conductividad hidráulica moderada. Se prevé que alrededor de 40 a 50 por ciento de la recarga total que se infiltre al basamento rocoso será interceptado por rocas con esta característica transmisiva y se filtre en dirección suroeste, hacia el valle del Río Piura. Se espera que el resto del agua que percole recargue las capas de acuífero más profundas del basamento rocoso regional. Se considera que la filtración proveniente de la zona alta del basamento rocoso fracturado es un componente significativo de recarga para los acuíferos en la base de la cadena montañosa y del flujo base del Río Piura y la Quebrada San Francisco. No hay evidencias de uso de agua subterránea dentro de la zona montañosa.

Los acuíferos del basamento rocoso volcánico en los alrededores del área del proyecto son salinos, con sólidos disueltos totales (STD) de hasta 20,000 ppm (aproximadamente la mitad de los STD que se encuentran en agua de mar). La información hidrogeológica física y química indica que los sistemas acuíferos de basamento rocoso menos profundo descargan en los acuíferos aluviales superficiales,

### **3.6.2.3 Flujo de agua subterránea en las áreas bajas de la cuenca Alta del Río Piura**

De acuerdo con los registros disponibles a partir del año 1968, la producción anual proveniente de pozos de agua subterránea, aguas arriba de Tambogrande, fue de alrededor de 250 millones m<sup>3</sup>/año u 8 m<sup>3</sup>/s (Anderson 1967). La mayor parte de esta agua subterránea es extraída de acuíferos aluviales del Cuaternario y Terciario y se usa para la irrigación de chacras dentro de las áreas de Solsol, Cruz Pampa,

Chulucanas y Morropón. No obstante, recientes registros de bombeo para el área muestran que la producción anual estaría en el orden de sólo 2 a 3 m<sup>3</sup>/s (Llunar 2001). Ya que estos números son compatibles con los registros de años anteriores, se asume que los mismos son válidos. A pesar de que los acuíferos se expl bastante altos, no existen evidencias de minado del acuífero (es decir, que se esté extrayendo más agua de la que se recarga). Probablemente, los niveles del acuífero bajen durante los períodos secos, recuperándose durante las estaciones de lluvias. Debido a que estos acuíferos transmisivos están conectados con el acuífero del Río Piura, es probable que el bombeo tenga un efecto importante en el caudal del Río Piura aguas abajo de Chulucanas, durante los períodos secos.

El caudal medio del Río Piura en Tambogrande para los años normales es de aproximadamente 11 m<sup>3</sup>/s. El índice estimado promedio de recarga del acuífero durante los años normales es de casi 5 m<sup>3</sup>/s. Se prevé que la explotación de los acuíferos en la cuenca alta durante los años normales, sea de aproximadamente 3 m<sup>3</sup>/s. El agua subterránea excedente de los acuíferos sería la diferencia, es decir, aproximadamente 2 m<sup>3</sup>/seg. Debido a que la capacidad de flujo en los acuíferos del valle del Río Piura es baja (se estima en menos de 0.1 m<sup>3</sup>/s sobre la base de la observación del tamaño de grano en el área de Tambogrande y estimados de ancho y espesor del acuífero), la mayor parte del agua subterránea excedente debe descargar hacia el Río Piura, lo que asegura un flujo base duran

#### **3.6.2.4 Flujo de agua subterránea al suroeste de Tambogrande**

El agua subterránea al oeste de Tambogrande discurre de oeste hacia el suroeste, hacia la cuenca baja, se estima que la mayor parte del flujo del agua subterránea circula a s de acuíferos altamente transmisivos, dentro de la Formación Tambogrande y no en el acuífero de arena de grano fino asociado con el Río Piura.

Dentro del valle del Bajo Río Piura existen varios pozos de agua subterránea que tienen un efecto significativo en los sistemas regionales de caudal dentro de la cuenca baja. La ciudad de Piura depende en gran medida del agua subterránea para

abastecimiento doméstico y agrícola. Recientemente se ha extraído más agua subterránea que la que se ha recargado al sistema de acuíferos, tal como se evidencia en los alrededores de Piura, donde el nivel freático en algunos pozos ha disminuido hasta 30 m en un período de 10 años, entre 1984 y 1994 (INGEMMET, 1994). Se dice que la superficie piezométrica del pozo que suministra agua a la Universidad de Piura estaría por debajo del nivel del mar (Chávez, 1999).

El agua subterránea contenida dentro de los acuíferos superficiales cerca de Piura es salina, similar a la de los acuíferos superficiales en el área de Tambogrande. En el área de Piura se extrae agua subterránea de acuíferos aluviales confinados más profundos, asociados con la Formación Zapallal (Terciario).

Parecería que existe otra divisoria de flujo de agua subterránea regional entre el  
Esta divisoria de agua subterránea limitaría el área de captación para el océano, y por lo tanto, el flujo de aguas subterráneas desde el área

### **3.6.3 Hidrogeología del área de la mina Tambogrande**

El área del Proyecto Tambogrande puede dividirse en tres regímenes diferentes de flujo de agua subterránea: depósitos aluviales recientes asociados con el Río Piura y sus tributarios (quebradas); la arena eólica al sur del Río Piura y la Formación Tambogrande que subyace los depósitos aluviales y eólicos, y que está expuesta al norte de Tambogrande.

#### **3.6.3.1 Zonas de recarga de agua subterránea**

La Formación Tambogrande y las arenas eólicas son consideradas como las principales áreas de recarga dentro del área del proyecto, y las que alimentan de agua subterránea al Río Piura. La prueba de percolación de la Formación Tambogrande dentro del área propuesta para el depósito de relaves mostró valores saturados de conductividad hidráulica de los suelos superficiales de entre  $10^{-8}$  a  $10^{-3}$  m/seg y una media geométrica de  $5 \times 10^{-6}$  m/seg. Las mayores permeabilidades se encontraron

dentro de la zona alta del área propuesta para el depósito de relaves. Las capas de bentonita de menor permeabilidad pueden limitar la percolación de recarga y dirigir el agua lateralmente, hacia canales de drenaje poco profundos.

Se prevé que la recarga será mayor dentro de las arenas eólicas, que no están mayormente saturadas y que se ubican al sur del Río Piura. La napa freática se ubica de subyacente. El caudal de agua subterránea en el acuífero aluvial basal parece discurrir en dirección norte hacia el Río Piura, con un gradiente de casi 0.5 por ciento. Es probable que las arenas eólicas estén saturadas con agua. Se considera que el interflujo y el flujo base provenientes de las arenas eólicas son un componente importante de caudal del

### **3.6.3.2 Relación de agua subterránea – agua superficial**

Existe una relación dinámica entre el sistema local de agua subterránea y el Río Piura. Durante la estación de lluvias, la escorrentía superficial sobre la cubierta vegetal eleva el nivel del río por encima de la napa de agua subterránea, revirtiendo la gradiente hidráulica ascendente en el acuífero, hacia una gradiente descendente y cambiando así al Río Piura de un caudal en aumento a un caudal en pérdida durante la estación de lluvias. Con el tiempo, es probable que la recarga desde el río eleve la napa freática, hasta que se establezca una nueva relación de nivel de agua con el río. Sin mayores precipitaciones, el nivel del río y de la napa freática descenderán y el agua subterránea sustentará parcial o completamente el caudal. Los datos sobre la química del agua superficial muestran que el interflujo (drenaje de agua subterránea hacia el río por encima de la capa de agua) es un componente importante del caudal que fluye hacia el río a lo largo de la época de estiaje.

### **3.6.3.3 Flujo de agua subterránea en el área de Tambogrande**

La existencia de la divisoria de agua subterránea en las arenas eólicas, ubicadas inmediatamente al sur de Tambogrande y la fuerte explotación del agua subterránea

La última zona de descarga para todos los acuíferos en el área del proyecto es el Río Piura y su correspondiente acuífero fluvial. Se prevé que el f dentro del acuífero del Río Piura, siga la misma ruta de flujo del cauce del río. Se

subyacentes a la Formación Tambogrande conduzca la mayor parte del caudal de agua subterránea dentro del Valle del Río Piura. Se prevé que el caudal de agua subterránea dentro de estos canales transmisivos esté en el rango de entre 10 y 50 L/seg. Si el flujo de agua subterránea hacia el río fuera mayor que la capacidad total de acarreo del acuífero receptor, se presentará el flujo base hacia el río. Ya que el río por lo general se seca en las últimas etapas de la estación seca, se puede asumir que el flujo total de agua subterránea hacia el Río Piura, aguas abajo de cualquier campo de pozos, es igual o menor que la capacidad máxima estimada de acarreo de 60 L/seg.

La relación entre los usuarios de agua superficial y los de agua alrededor de Tambogrande es baja, debido a la amplia red de canales de irrigación que existe. Sin embargo, se depende de los recursos de agua subterránea ahí donde no existen canales de irrigación. Los recursos de agua subterránea e Tambogrande, utilizados para proveer de agua para consumo humano, para el ganado y en menor escala para irrigación, provienen principalmente de pozos poco profundos y de perforaciones que atraviesan tanto de depósitos aluviales antiguos como recientes. Se ha reportado que la producción anual de agua subterránea proveniente de pozos en el área de Tambogrande es de aproximadamente 450,000 m<sup>3</sup> o casi 15 L/seg (Ministerio de Agricultura, 2001). La mayor parte de esta agua subterránea se obtiene de acuíferos aluviales antiguos asociados a la Formación Tambogrande, la cual es a menudo salina. El basamento rocoso en el área es relativamente impermeable, comparado con los acuíferos superficiales y el agua subterránea asociada con los acuíferos del basamento rocoso es a menudo salina. No parecen existir pozos en el área que hayan atravesado el basamento rocoso.

Se han perforado varios pozos dentro de los acuíferos aluviales que se ubican aproximadamente 20 a 30 km al este de Tambogrande (entre los pueblos de Paccha y Cruz Pampa), que suministran agua para consumo humano, irrigación y para el

ganado. Se sabe que algunos pozos que rinden hasta 80 L/seg (1270 gpm) de agua de buena calidad.

Existe un acuífero fluvial/aluvial más cercano que se ubica a 5 y 10 km al este de Tambogrande y que está asociado con la Quebrada San Francisco y la Quebrada Socarrón. El nombre de este complejo acuífero ha sido simplificado a Acuífero San Francisco. Prácticamente no se dispone de información física sobre el Acuífero San Francisco, ya que no existen usuarios de agua subterránea dentro del área. La Quebrada San Francisco por lo general cuenta con agua todo el año, proporcionando recursos sostenibles de agua para las comunidades que se encuentran a lo largo del río. El caudal de esta quebrada es alimentado por la descarga proveniente del Reservorio San Lorenzo (que se deriva desde el Río Chipillico y el Río Quiroz) y a través de las filtraciones de agua de riego provenientes de los canales Tambo Grande y Malingas.

En 1999, Klohn-Crippen realizó estudios preliminares de caracterización ambiental del lugar. Entre el 9 de enero y el 16 de febrero del 2001, se realizó un programa de campo más detallado. En el Informe del Estudio de Factibilidad para la Disposición de Roca Estéril y de Relaves, se dan detalles de la metodología utilizada en el programa de campo y de los hallazgos (Klohn Crippen, 2002).

Un tema técnico importante que se identificó a partir del estudio, fue el potencial teórico que tendrían las zonas más permeables dentro de los suelos de la Formación Tambogrande para el transporte de contaminantes.

**Figura 3.6 Elevaciones del agua subterránea**

### **3.7 Calidad del agua**

En esta sección se proporciona una visión general de la calidad del agua superficial y del agua subterránea

#### **3.7.1 Calidad del agua superficial**

La química del agua superficial se ve influenciada por las condiciones de caudal y otros factores ambientales, siendo por tanto bastante variable. El primer programa de muestreo de línea de base se realizó en setiembre de 1999. A ese programa le siguió un muestreo más frecuente, que se inició en enero de 2000. Se ha continuado realizando un programa regular de muestreo, con datos hasta marzo del 2001, que se incluyen en este informe.

Se recogieron muestras de agua superficial en 14 estaciones del área de Tambogrande, Figura 3.7 y en la Tabla 3.9. En términos generales, los puntos de muestreo se ubicaron en gradientes ascendentes principales y en gradientes descendentes en la cuenca del Río Piura. Se recolectaron además muestras del Río Piura, de los reservorios de suministro de agua y de los tributarios del Río Piura.

**Tabla 3.9 Estaciones de muestreo de la calidad del agua**

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
S1	Río Piura en Puente Ñacara	
S2	Reservorio San Lorenzo en Canal Yuscay	
S3	Río Piura en Malingas (aguas arriba de la confluencia con la Quebrada San Francisco)	En Setiembre de 1999 se destruyó la muestra
S4	Quebrada San Francisco	En Setiembre de 1999 se destruyó la muestra
S5	Quebrada San Francisco sobre la confluencia con Río Piura	No se recogió muestra en Setiembre de 1999
S6	Río Piura aguas arriba de Tambogrande	
S7	Quebrada Carneros	
S8	Río Piura aguas abajo de Tambogrande	No se recogió muestra en Setiembre de 1999
S9	Reservorio Municipal de Tambogrande	
S10	Río Piura en La Peñita	
S11	Canal del Proyecto Chira-Piura	
S12	Río Piura en Ejidos	
S13	Agua de caño de Tambogrande	
S14	Línea de suministro de agua para consumo humano La Encantada – Chulucanas	Se recogió una muestra en Enero del 2000

**Figura 3.7 Ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial**

Los resultados del muestreo de agua superficial indicaron tendencias espaciales y estacionales con respecto a la calidad del agua. Las concentraciones mínimas de los principales constituyentes (es decir, cloro, sodio y sulfato) se presentan durante los meses húmedos, de febrero hasta abril. A la fecha, las concentraciones máximas medidas de estos constituyentes se han presentado en la última parte de la estación seca, entre setiembre y diciembre. Otros constituyentes tales como el nitrato, presentan mayores concentraciones durante la estación de lluvias. En la Tabla 3.10 se muestran las concentraciones promedio para las estaciones seca y de lluvias.

**Tabla 3.10 Concentraciones promedio para las estaciones seca y de avenidas**

		Q. SAN FRANCISCO & CARNEROS	RÍO PIURA *	CUENCA COLECTORA DE CHIRA
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	Seco	2226	1920	309
	Avenida	1809	449	255
Cl (mg/L)	Seco	424	388	19
	Avenida	342	56	14
Na (mg/L)	Seco	306	237	24
	Avenida	225	43	19
SO <sub>4</sub> (mg/L)	Seco	322	223	28
	Avenida	237	46	24
TSS (mg/L)	Seco	29	40	12
	Avenida	7	1864	15
Cu-D (mg/L)	Seco	0.003	0.003	0.002
	Avenida	0.004	0.004	0.003
Cu-T (mg/L)	Seco	0.003	0.004	0.002
	Avenida	0.005	0.068	0.006
Mn (mg/L)	Seco	0.061	0.116	0.035
	Avenida	0.083	0.015	0.027
NO <sub>3</sub> (mg/L)	Seco	0.024	0.075	0.083
	Avenida	0.099	0.362	0.173

\*Excepto S3 para Nov-00, cuando se había producido evapo-concentración.

Las concentraciones que se observan en el sistema de reservorios (Reservorio San Lorenzo, Reservorio de Tambogrande, Canal de Chira-Piura, y agua de caño de Tambogrande) no muestran tendencias estacionales.

En el Río Piura, las concentraciones de los principales constituyentes (cloro, sodio y sulfato) son relativamente bajas en Puente Ñácara (S1), pero éstas aumentan marcadamente aguas abajo de Malingas, debido en parte a los aportes provenientes de la Quebrada San Francisco (S4/S5). Las concentraciones siguen siendo elevadas en La Peñita (S10), pero disminuyen marcadamente en la estación de Ejidos (S12), ubicada aguas abajo de la confluencia con el canal Chira-Piura (S11). De las estaciones en los alrededores del área del Proyecto Tambogrande, el reservorio Tambogrande (S9) tiene las menores concentraciones promedio de los principales constituyentes, mientras que la Quebrada San Francisco y la Quebrada Carneros (S7) tienen las concentraciones promedio más altas.

Las Tablas 3.11y 3.12 resumen los resultados del muestreo del agua superficial en las estaciones S8 y S10.

**Tabla 3.11 Concentración promedio – Estación 8**

Elementos	Simple Date													Concentración promedio (mg/L)
	Ene-00	Ene-00	Feb-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Nov-00	Dic-00	Mar-01	
Conductividad - Lab	1770		558	600	396	507		1150	2150	3890	3670	1380	607	1516
Conductividad – Campo		1757	558											1158
pH – Lab	8.49		8.23	8.28	7.71	7.98		8.38	8.32	8.13	8.25	8.37	8.04	8
pH – Campo		8.17	7.84	7.9			7.8							8
Total sólidos disueltos	1030		329	418	272	176		661	1240	2260	2260	866	382	899
Total sólidos disueltos	13		285	249.5	3490	1490		74	16	34	11	39	1980	698
Alcalinidad – B	209		114		78	108		183	230	219	215	194	111	166
Alcalinidad – T	222		114	100	78	108		188	233	219	215	200	111	163
Cloro – D	330		72	73.7	49.4	64.3		194	426	879	986	233	89	309
Fluor – D	0.37		0.22		0.2	0.2		0.26	0.33	0.3	0.33	0.31	0.23	0.275
Sulfato – D	213		60	60.2	44	54		130	267	458	429	163	64	177
Nitrato	0.005		0.232	0.48	0.476	0.334		0.064	0.02	0.008	0.026	0.005	0.436	0.190
Cianuro – T	0.005				0.01	0.005		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.014	0.007
Arsénico – D	0.0067		0.0061		0.0036	0.0037		0.0049	0.0049	0.0031	0.0028	0.0065	0.004	0.005
Arsénico – T	0.0069		0.0126	0.0065	0.046	0.0216		0.0052	0.0044	0.0038	0.0031	0.0067	0.033	0.014
Cadmio – D	0.003		0.0005		0.0005	0.0005		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.001
Cobre – D	0.005		0.003		0.004	0.003		0.001	0.003	0.005	0.004	0.002	0.003	0.003
Cobre – T	0.005		0.018	0.0074	0.115	0.047		0.003	0.003	0.005	0.004	0.003	0.044	0.023
Hierro – D	0.03		0.03		0.09	0.05		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.038
Hierro – T	0.17		10.3		89.8	41.3		0.8	0.16	0.18	0.1	0.2	58.2	20.12
Plomo – D	0.003		0.0014		0.0005	0.0005		0.0005	0.0013	0.0005	0.0014	0.0008	0.001	0.001
Plomo – T	0.003		0.0075	0.005	0.0472	0.0251		0.0012	0.0012	0.0005	0.0015	0.001	0.018	0.010
Magnesio -T	41.4		13.7	14.6	25.5	16		26	42.9	79.6	96.2	35.2	24.1	37.75
Manganeso - D	0.007		0.0135		0.0123	0.0199		0.0077	0.0329	0.113	0.111	0.0113	0.002	0.033
Manganeso - T	0.062		0.358		1.88	0.9		0.0496	0.0579	0.148	0.137	0.0496	0.758	0.440
Níquel – D	0.03		0.005		0.005	0.3		0.005	0.002	0.005	0.005	0.005	0.01	0.037
Níquel – T	0.03		0.009		0.072	0.031		0.005	0.002	0.005	0.005	0.005	0.03	0.019
Selenio – D	0.0009		0.001		0.0008	9.68		0.0009	0.0005	0.0006	0.0008	0.0007	0.0008	0.969
Selenio – T	0.0011		0.001		0.0018	0.0017		0.0011	0.0005	0.0007	0.0007	0.0009	0.002	0.001
Sodio – D	210		46		39	0.195		114	264	505	567	164	66	198
Zinc – D	0.05		0.01		0.03	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.018
Zinc – T	0.05		0.06	0.0059	0.28	0.14		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.062
Aluminio - D	0.05		0.02		0.2	0.06		0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.043
Aluminio - T	0.13		11.2		74.9	25.4		0.69	0.18	0.13	0.07	0.21	29	14.19

Valores menores a los límites de detección

D = Disuelto

T = Total

**Tabla 3.12 Concentración promedio – Estación 10**

Elementos	Fecha simple														Concentración promedio (mg/L)
	Sep-99	Sep-99	Ene-00	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Nov-00	Dic-00	Mar-01	
Conductividad - Lab	3050		2340	2350	639	383	452		1460	2560	4130	4270	1750	1610	2083
Conductividad – Campo		3370			643										2007
pH – Lab	8.25		8.31	8.3	8.23	7.95	7.86		8.39	8.53	8.11	8.17	8.29	8.2	8.22
pH – Campo		8.3			7.86			7.8							7.99
Total sólidos disueltos	1800		1360	1412	365	278	281		915	1600	2380	2580	1080	914	1247
Total sólidos disueltos	18		41	32	174	4450	1640		120	34	26	6	44	1050	636
Alcalinidad – B	195		198		115	82	98		181	211	192	197	200	217	171
Alcalinidad – T	195		199	172	115	82	98		186	233	192	197	200	217	174
Cloro – D	708		496	510.5	94.2	45.9	57.2		270	481	1070	962	337	288	443
Fluor – D	0.32		0.35		0.2	0.21	0.18		0.24	0.31	0.29	0.32	0.31	0.3	0.28
Sulfato – D	353		262	276.7	68	40	44		159	301	466	485	20	186	222
Nitrato	0.005		0.005		0.252	0.513	0.395		0.005	0.005	0.01	0.024	0.005	0.29	0.137
Cianuro – T	0.005		0.005			0.01	0.008		0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.007	0.006
Arsénico – D	0.004		0.0066		0.0057	0.0035	0.0037		0.0054	0.0044	0.0034	0.0035	0.0077	0.01	0.005
Arsénico – T	0.0042		0.0061		0.0102	0.089	0.032		0.0057	0.005	0.0033	0.0035	0.0084	0.031	0.018
Cadmio – D	0.0005		0.003		0.001	0.0005	0.0005		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001
Cobre – D	0.006		0.005		0.004	0.003	0.003		0.001	0.003	0.006	0.004	0.003	0.01	0.004
Cobre – T	0.006		0.006		0.014	0.215	0.063		0.003	0.005	0.005	0.004	0.004	0.06	0.035
Hierro – D	0.03		0.03		0.03	0.07	0.09		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.039
Hierro – T	0.21		0.43		7.12	173	61		0.79	0.59	0.12	0.04	0.37	38.9	25.69
Plomo – D	0.0005		0.003		0.001	0.0005	0.0005		0.0007	0.0017	0.0005	0.0013	0.0013	0.005	0.001
Plomo – T	0.0033		0.003		0.005	0.0921	0.0348		0.0013	0.0024	0.0005	0.0015	0.0016	0.023	0.015
Magnesio -T	60.8		58.4		15.8	43.6	18.3		28.7	51.6	80.7	90.2	44.8	30.1	47.55
Manganeso - D	0.0005		0.146		0.023	0.0052	0.0182		0.0899	0.109	0.235	0.352	0.0844	0.019	0.098
Manganeso - T	0.144		0.295		0.28	4.09	1.21		0.133	0.153	0.251	0.378	0.151	0.965	0.732
Níquel – D	0.005		0.03		0.01	0.005	0.3		0.005	0.002	0.005	0.005	0.005	0.05	0.038
Níquel – T	0.005		0.03		0.01	0.143	0.043		0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.05	0.028
Selenio – D	0.0011		0.0008		0.0012	0.001	9.32		0.0011	0.0005	0.0007	0.0006	0.0008	0.0014	0.848
Selenio – T	0.0012		0.0012		0.0011	0.0027	0.0016		0.0013	0.0005	0.0009	0.0006	0.0011	0.002	0.001
Sodio – D	384		284		65	36	0.166		160	310	563	578	215	211	255
Zinc – D	0.01		0.05		0.02	0.02	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.024
Zinc – T	0.01		0.05		0.04	0.49	0.19		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.085
Aluminio - D	0.01		0.05		0.02	0.09	0.09		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.037
Aluminio - T	0.17		0.29		7.4	157	41.5		0.69	0.59	0.09	0.05	0.3	33.9	22.00

Valores menores a los límites de detección

D = Disuelto

T = Total

Los resultados de los análisis microbiológicos llevados a cabo hasta la fecha se detallan en la Tabla 3.13. Las muestras de agua de caño de Tambogrande (S13) mostraron coliformes fecales no detectables. En contraste, el Río Piura (S1, S3, S10, S12) y la Quebrada San Francisco sobre la confluencia con el Río Piura (S5) mostraron valores de coliforme de por lo menos 90 NCC/100 ml y hasta de 93,000 NCC/100 ml. Los reservorios San Lorenzo (S2) y Tambogrande (S9) mostraron valores de coliformes más variables, siendo las del reservorio de San Lorenzo para beber, sólo si se le somete a un amplio tratamiento que incluya floculación/sedimentación, filtración y clorinación. Cuando y en los lugares en que hay coliformes fecales presentes en exceso, el agua no es apta para consumo humano, incluso si ha sido tratada.

**Tabla 3.13 Estaciones de agua superficial que excedan los límites de la Clase II/IV para por lo menos un parámetro de coliformes**

LUGAR	FECHA	COLIFORMES FECALIS, NCC/100 m/L	TOTAL COLIFORMES, NCC/100 m/L
<b>Límite según la Ley General de Aguas del</b>		<b>4,000</b>	<b>20,000</b>
Quebrada San Francisco en Río Piura (S5)	15-Jan-00	7,000	15,000
Reservorio de Tambogrande (S9)	15-Jan-00	7,000	12,000
Río Piura en Puente Ñacara (S1)	21-Feb-00	93 000	110 000
Canal Chira-Piura (S11)	21-Feb-00	9,000	9,300
Río Piura en Puente Ñacara (S1)	16-Mar-00	9,000	9,300
Canal Chira-Piura (S11)	17-Mar-00	23,000	24,000
Río Piura en Ejidos (S12)	16-Mar-00	9,300	24,000
Río Piura en Malingas (S3)	16-Mar-00	23,000	24,000
Río Piura aguas arriba Tambogrande (S6)	16-Mar-00	23,000	93,000
Río Piura aguas abajo Tambogrande (S8)	15-Mar-00	21,000	90,000
Río Piura en Puente Ñacara (S1)	18-Dec-00	43,000	46,000
Río Piura en La Peñita (S10)	31-Mar-01	9,300	46,000
Río Piura aguas arriba Tambogrande (S6)	31-Mar-01	9,000	9,300
Río Piura aguas abajo Tambogrande (S8)	31-Mar-01	70,000	75,000
Reservorio Tambogrande (S9)	31-Mar-01	9,300	24,000

<sup>1</sup> Cantidad de colonias de coliformes por 100 mL

A pesar de que por lo general no se excedieron los límites de calidad de agua basados en la salud, el agua superficial del área de Tambogrande es a menudo salina, con los siguientes parámetros que exceden las normas de agua para consumo humano de la OMS: total de sólidos disueltos, cloro, sulfato sodio, manganeso total, aluminio total y hierro total. La concentración de metales totales, particularmente manganeso, cobre, cromo y plomo, fue excepcionalmente elevada en las muestras del Río Piura durante el mes de marzo del 2000 y 2001. Esto se debe a las concentraciones extremadamente altas de sólidos en suspensión (STS) medidas en el río en esa época. El sedimento, que parece originarse aguas arriba del Puente Ñácara, fue claramente la fuente de los metales. Las concentraciones de estos metales disueltos estuvieron por lo general en, o por debajo del límite de detección.

Se analizaron las muestras de agua superficial recolectadas en Setiembre de 1999 y Marzo del 2001 para ver si tenían pesticidas y ftalatos. Ninguna de las muestras de agua mostraron organofosfatos o residuos de pesticidas organoclorados. Sin embargo, tres muestras analizadas para ver si contenían ftalatos (S1, S9 y S12) mostraron en setiembre de 1999 que tenían concentraciones de ftalatos que exceden las normas peruanas y de la OMS para agua de consumo humano. Estos resultados no se repitieron en la segunda campaña de muestreo.

### **3.7.2 Calidad del agua subterránea**

La calidad del agua subterránea varía ampliamente en el área del Proyecto Tambogrande, teniendo una mejor calidad en las áreas aguas arriba. En la Figura 3.8 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea. El agua subterránea obtenida de los alrededores del Cerro de Lora (al norte del Río Piura) fue de buena calidad y tenía una baja conductividad, mientras que el agua subterránea proveniente de la llanura costera de Tambogrande era de calidad deficiente y excedía los objetivos estéticos y de calidad de agua para consumo humano de la OMS.

**Figura 3.8    Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea**

En la Tabla 3.14 y 3.15 se resumen los resultados obtenidos para el agua de los pozos P1 y P3 en el área del proyecto Tambogrande. En el Informe de Línea de Base se proporciona una revisión detallada de estos resultados. En general, el agua subterránea en el área del Proyecto Tambogrande cumple las pautas de calidad de agua para consumo humano basadas en las normas de salud de la OMS y los límites de calidad de agua para uso doméstico Clase I y Clase II del Perú para aniones, metales y pesticidas, excepto para los siguientes que no cumplan con las normas: nitratos, boro total, y manganeso total. Los parámetros que no cumplieron con las pautas estéticas de la OMS fueron la cantidad total de sólidos disueltos, cloro, sodio, sulfato, hierro y aluminio totales.

Se analizaron las muestras de agua subterránea recolectadas del pozo de la comunidad de Távara en setiembre de 1999 para verificar la presencia de pesticidas y ftalatos. Ninguna de las muestras de agua mostró residuos de pesticidas, de organofosfatos u organocloratos. Sin embargo, el pozo de la comunidad de Távara tenía una concentración de ftalatos que excedía el límite de calidad de agua para Clase I, II y II del Perú de 0.003 mg/L, quizá como resultado de la contaminación de la tubería de plástico que conduce el agua al reservorio.

Los dos pozos instalados por Manhattan en 1999, el Pozo #99-1 en La Greda (P1), y el Pozo #99-3 en Angostura (P3), han producido agua sin coliformes observables desde que se inició el muestreo. Por otro lado, las concentraciones de coliformes fecales en los pozos de la comunidad muestran mayores fluctuaciones, debido a la contaminación de los pozos. El pozo con la mayor cuenta de coliformes es el pozo artesiano poco profundo excavado manualmente en La Greda (P4), que ha tenido cuentas de coliformes fecales de hasta 9,300 NCC/100 ml. Esta agua no es adecuada para el consumo humano sin tratamiento previo.

**Tabla 3.14 Concentración promedio – Estación P1**

Elementos	Fecha												Concentración Promedio (mg/L)
	Sep-99	Sep-99	Ene-00	Ene-00	Feb-00	Abr-00	May-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Nov-00	Dic-00	
Conductividad - Lab	4250	4100		4000	3000	4010	3960	3990	4070	4120	4030	4070	3964
Conductividad – Campo	5040	5040											5040
pH – Lab	7.1	7.62		7.7	7.7	7.39	7.57	7.74	10.1	7.81	7.85	7.91	8
pH – Campo	7.1	7.1			7		7.3						7
Total sólidos disueltos	2500	2780		2700	2674	2510	2840	3100	2510	3010	2850	2880	2759
Total sólidos suspendidos	1	16		3	9	8	14	7	529	9	4	3	55
Alcalinidad – B	1	111		115		108	86	113	55	118	107	115	93
Alcalinidad – T	96	111		115	96	108	86	113	118	118	107	115	108
Cloro – D	1016.3	1080		1150	992.6	1050	1090	1100	963	1160	1300	946	1077
Fluor – D		0.06		0.07		0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.061
Sulfato – D	405	436		429	356.3	443	439	422	429	448	456	94	396
Nitrato		2.69		2.59		0.59	0.005	1.68	1.59	2.67	1.58	2.25	1.738
Cianuro – T		0.008		0.005		0.005	0.005	0.015	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006
Arsénico – D		0.0005		0.0006		0.0002	0.0002	0.0005	0.0003	0.0007	0.0004	0.0005	0.000
Arsénico – T		0.0007		0.0007	0.0596	0.0002	0.0002	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.006
Cadmio – D		0.0005		0.005		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001
Cobre – D		0.008		0.01		0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004
Cobre – T		0.008		0.01	0.005	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004
Hierro – D		0.03		0.03		4.58	0.79	0.71	2.8	0.1	0.21	0.1	1.039
Hierro – T		0.1		0.04		8.17	12.5	0.83	3.15	0.12	0.91	0.14	2.884
Plomo – D		0.0005		0.005		0.0005	0.0005	0.001	0.0013	0.0005	0.0017	0.0031	0.002
Plomo – T		0.0049		0.005	0.005	0.0008	0.0012	0.0015	0.0008	0.0005	0.0019	0.0034	0.003
Magnesio –T		94.2		95.6	97.2	94.8	94.5	108	96.4	92.2	86.7	88.6	94.82
Manganeso – D		0.0135		0.035		0.326	0.217	0.0725	0.142	0.0108	0.0887	0.0147	0.102
Manganeso – T		0.0142		0.037		0.376	0.567	0.0646	0.112	0.01	0.0695	0.0144	0.141
Níquel – D		0.005		0.05		0.3	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.043
Níquel – T		0.005		0.05		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.010
Selenio – D		0.0027		0.0025		12	0.0005	0.0023	0.002	0.0026	0.0022	0.0023	1.335
Selenio – T		0.0028		0.0027		0.0005	0.0005	0.0022	0.002	0.0024	0.002	0.0023	0.002
Sodio – D		373		335		3.5	324	502	387	363	351	322	329
Zinc – D		0.52		0.9		0.62	1.54	0.79	0.74	0.5	0.81	0.56	0.776
Zinc – T		0.6		0.9	0.306	0.78	0.94	0.84	0.88	0.51	0.9	0.56	0.722
Aluminio – D		0.01		0.1		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.020
Aluminio – T		0.01		0.1		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.020

Values lower than the detection limits  
D = Dissolved  
T = Total

**Tabla 3.15 Concentración promedio – Estación P3**

Elementos	Fecha													Concentración promedio (mg/L)
	Sep-99	Ene-00	Ene-00	Feb-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Nov-00	Dic-00	
Conductividad - Lab	3430	3480	3500	3520	3500	3470	3880	3540	3500	4080	3570	3560	3610	3588
Conductividad – Campo	3430			3480										3455
pH – Lab	8.2	7.82	7	7.83	7.6	7.74	7.37	7.84	7.91	11.3	8.09	8.07	8.1	8
pH – Campo	8.2			7.23	7			7.3						7
Total Sólidos Disueltos	1764	1900	1939	2010	1832	1970	2570	2000	2070	1870	1990	2090	2080	2007
Total Sólidos Suspendidos	278	5	1.8	3	2.3	8	140	3	5	195	9	3	3	50
Alcalinidad - B	1	177		174		181	83	173	182	1	189	180	185	139
Alcalinidad - T	149	177	160	174	148	181	83	173	182	339	189	180	185	178
Cloro - D	844.1	1020	999.7	1050	928.8	974	1140	1040	1040	978	1000	921	906	988
Fluor - D	0.13	0.13		0.11		0.14	0.04	0.14	0.11	0.11	0.1	0.12	0.13	0.115
Sulfato - D	70	69	74.5	76	38.9	76	184	79	72	74	81	74	78	80
Nitrato	0.647	0.61		0.54	0.3	0.332	3.64	0.604	0.57	0.55	0.005	0.536	0.005	0.695
Cianuro - T	0.005	0.005				0.005	0.005	0.005	0.005	0.008	0.005	0.005	0.005	0.005
Arsenico– D	0.0002	0.0005		0.0007		0.0005	0.0006	0.0021	0.0007	0.0006	0.0003	0.0006	0.0002	0.001
Arsenico– T	0.0014	0.0005	2.8	0.0005	0.025	0.0005	0.0005	0.0021	0.0006	0.0006	0.0006	0.0008	0.0004	0.218
Cadmio - D	0.0005	0.005		0.005		0.005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.002
Cobre – D	0.011	0.01		0.02		0.01	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.005
Cobre – T	0.013	0.01		0.01	0.002	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005
Hierro – D	0.03	0.07		0.25		0.06	0.1	0.11	0.26	0.08	0.06	0.06	0.18	0.115
Hierro – T	6.74	0.11		0.58		0.07	0.16	0.16	0.48	0.11	0.12	0.08	0.24	0.805
Plomo– D	0.0049	0.005		0.005		0.005	0.0005	0.0006	0.001	0.001	0.001	0.0018	0.0032	0.003
Plomo – T	0.0052	0.005		0.005	0.005	0.005	0.0005	0.0007	0.001	0.0009	0.0012	0.0017	0.0034	0.003
Magnesio-T	15	16.8		17.4	19.4	17.5	15.9	16.3	19.8	17.4	17.8	18	20.9	17.68
Manganeso - D	0.0713	0.017		0.018		0.013	0.0165	0.0135	0.012	0.0093	0.0099	0.0061	0.015	0.018
Manganeso - T	0.273	0.016		0.018		0.012	0.0155	0.0139	0.0109	0.011	0.008	0.0054	0.0141	0.036
Níquel – D	0.015	0.05		0.05		0.05	0.3	0.005	0.005	0.001	0.005	0.005	0.005	0.045
Níquel – T	0.014	0.05		0.05		0.05	0.005	0.005	0.005	0.001	0.005	0.005	0.005	0.018
Selenio - D	0.0015	0.0009		0.0011		0.0012	13.5	0.0011	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0013	1.228
Selenio - T	0.0014	0.0011		0.0012		0.0014	0.0012	0.001	0.001	0.0011	0.0012	0.0012	0.0012	0.001
Sodio – D	529	514		596		569	1.19	504	682	612	614	602	581	528
Zinc – D	0.01	0.3		0.5		0.8	0.34	0.14	0.2	0.11	2.66	0.11	2.33	0.682
Zinc – T	0.03	0.3		0.8	1.01	1.3	0.39	0.16	0.22	0.12	2.21	0.11	2.13	0.732
Aluminio - D	0.02	0.1		0.1		0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.035
Aluminio - T	5.39	0.1		0.1		0.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.525

Valores menores que los límites detectados

D = Disuelto

T = Total

### 3.7.3 Geoquímica acuática

#### 3.7.3.1 Agua superficial

Se llevó a cabo un análisis geoquímico preliminar de los datos de setiembre de 1999 y marzo del 2000 para ilustrar las tendencias que se presentan durante los períodos de bajo caudal y de alto caudal, respectivamente.

En el reservorio de San Lorenzo (S2) y el de Tambogrande se encontró la calidad de agua más dulce. En estos reservorios, la concentración total de sólidos disueltos fue menos de 180 mg/L, tanto en setiembre como en marzo. Un análisis de iones indicó que estos reservorios tienen agua Ca-Na-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

#### 3.7.3.2 Agua subterránea

El pozo Artesiano de La Greda (P4) tuvo una buena calidad de agua con un total de sólidos disueltos de menos de 600 mg/L en Setiembre de 1999 y en febrero del 2000. Un análisis de iones indicó que este pozo tenía agua Ca-Na-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en setiembre y Ca-Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en febrero. El agua del Pozo Artesiano tenía una composición similar a la de los reservorios en setiembre, sugiriendo que éste recolecta agua que se infiltra cerca del pozo y se desplaza una distancia relativamente corta en el suelo antes de descargar. Por otro lado, en marzo, el agua del Pozo Artesiano se parecía más a la de otros pozos.

En comparación, el agua del pozo # 99-1 (P1) y del pozo de la comunidad Távara (P7) tenían concentraciones de sólidos totales disueltos de aproximadamente 2800 mg/L, similares composiciones de iones y agua Na-Ca-Cl-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. A pesar de que el Pozo #99-3 (P3) en Angostura tenía menos sólidos disueltos (1710 mg/L en comparación con 2800 mg/L) que P1 y P7, su análisis de iones indica que esta es agua Na-Cl.

La predominancia de cloro y sulfato sobre el bicarbonato en los pozos P1, P3, P5, P6 y P7, indica que el agua subterránea en estos lugares es “más antigua” que en P4. La edad del agua subterránea es una medida relativa de cuánto tiempo se ha desplazado el agua subterránea en estos pozos desde que se infiltró en la zona de recarga. Esto es particularmente importante con respecto a los dos pozos La Greda, en donde el agua recolectada en P1 tiene un contenido mucho más alto de cloro y de sulfatos que el Pozo Artesiano, lo que sugiere que estos dos pozos se alimentan de diferentes sistemas de agua subterránea. El Pozo Artesiano parece alimentarse de agua subterránea poco profunda que se desplaza una distancia relativamente corta desde la zona de recarga hasta el pozo, mientras que el Pozo #99-1 (P1) intersecta agua “más antigua”, que ha recorrido una cierta distancia desde su punto de recarga, intercambiando bicarbonato por sulfato y luego por cloro.

### **3.8 Calidad del aire**

Las fuentes primarias actuales de contaminantes del aire provienen del quemado de broza en los campos así como del tubo de escape de autos y camiones. Menores contribuciones provienen de otras actividades agrícolas, así como la preparación de alimentos y otras actividades humanas. Por otro lado se generan altos niveles de polvo debido al clima árido y a la delgada cobertura vegetal en áreas no irrigadas, dejando las finas arenas naturales susceptibles a la erosión del viento.

El programa de muestreo de calidad del aire consistió en tres eventos de monitoreo: a comienzos de abril del 2000, durante la temporada de lluvias; en julio del 2000, durante la estación seca, y a fines de diciembre del 2000, al final de la estación seca.

#### **3.8.1 Parámetros de muestreo**

Los parámetros evaluados en el estudio de la calidad del aire fueron las partículas suspendidas de menos de 10 micrones de diámetro ( $PM_{10}$ ), el total de partículas en suspensión (PTS) y el dióxido de azufre. El queque del filtro proveniente de las

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se midió en la estación E-1. Las concentraciones máximas de  $\text{PM}_{10}$  de  $49\ 50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  se midieron en las estaciones E-3 y E-1, respectivamente. La concentración máxima de PTS de  $229\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registró en la estación E-3. Las concentraciones en las estaciones de monitoreo no muestran fuertes tendencias estacionales. Sin embargo, las máximas concentraciones se registraron en diciembre del 2000 al final de la estación seca. Los valores de  $\text{PM}_{10}$  y las concentraciones de dióxido de sulfuro nunca excedieron los límites máximos permisibles.

Las concentraciones de PTS son especialmente altas cuando la velocidad de viento diaria máxima registrada fue también alta. Las concentraciones altas de PTS se

regitraron en diciembre, cuando los valores de humedad relativa estaban en su punto más bajo y la velocidad del viento estaba en su punto más alto. La velocidad máxima horaria de viento (24.1 km/h) se registró el 14 de diciembre del 2000 a las 6 pm.

**Figura 3.9 Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de aire**

**Figura 3.10 Resumen de los resultados del muestreo de calidad de aire**

2. Límite máximo permisible para PM<sub>10</sub> es 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (R.M. 315-96-EM/VMM)  
2 es 572  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (R.M. 315-96-EM/VMM)

Las concentraciones de plomo en las muestras PTS variaron entre 0.0032 y 0.10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones de arsénico en las muestras PTS variaron entre 0.0006 y 0.04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los límites máximos permisibles para plomo y arsénico son 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente (R.M. 315-96-EM/VMM). Las concentraciones medidas de plomo y arsénico estuvieron muy por debajo de estos límites.

#### **3.8.4 Ruido**

Las mediciones de los niveles de ruido ambiental se tomaron en las estaciones en donde se midió la calidad del aire en el distrito de Tambogrande y en el Puerto de Paita. La frecuencia de las mediciones fue por lo general a intervalos de entre 5 y 8 minutos, tres veces al día. Durante la medición de niveles de ruido ambiental, estaban desarrollándose diversas actividades que son habituales en el área. En todas las estaciones se midieron niveles mínimos medios de 44 dB(A). Los niveles -1 y E-2 fueron 97 dB(A) y 101 dB(A) respectivamente, provocados por el tráfico de vehículos ligeros. Las estaciones E-3 y E-4 experimentaron sólo tráfico esporádico y tuvieron niveles máximos de ruido de 84 dB(A) y 75 dB(A). Para un mayor detalle sobre los niveles de ruido registrados en cada estación de muestreo, se puede ver la Sección 9.3.5 del Informe de Línea de Base.

### **3.9 Ecología terrestre**

Los ecosistemas terrestres en el área del Proyecto Tambogrande fueron examinados primero a un nivel amplio regional y luego a nivel local en mayor detalle. En la Figura 3.11 se muestra la ecología del terreno y la ubicación de los puntos de muestreo de suelos.

En el sentido más amplio, el Mapa Ecológico del Perú clasifica el área del proyecto como Desierto Tropical Superárido (INRENA 1995b). Sin embargo, el grado de

aridez disminuye con la distancia tierra adentro desde la costa, aumentando gradualmente la cantidad de vegetación permanente, tanto arbustos como árboles.

En un nivel intermedio, el área del Proyecto Tambogrande yace dentro de lo que se conoce como la provincia biogeográfica del Bosque Seco Ecuatorial o eco-región del norte del Perú (Brack 1988, INRENA GTZ 1995, Del Carpio 1996). Dentro de esta región, el “algarrobo”, árbol tolerante a las sequías, es la especie más visible, seguido del arbusto “overo” (*Cordia lutea*).

### **3.9.1 Hábitat de la vegetación**

El tratado de los ecosistemas a nivel del proyecto se realiza mejor si se consideran comunidades de vegetación localizadas (Margalef 1977) o tipos de hábitat. En el Departamento de Piura se han identificado hasta seis zonas importantes de vegetación, las cuales incluyen: desierto, pastizales, matorrales, sabana, bosques y tierras de cultivos (Montoya 1995). Para muchos de estos hábitats, se han descrito sub-grupos que incluyen, por ejemplo, variantes basadas en la densidad de los árboles o la posición ribereña. La estructura de los hábitats de la sabana y el bosque ha sido descrita detalladamente por Gukishen y Torres (1990), (Ver Informe de Línea de Base).

**Figura 3.11 Ecología terrestre y ubicación de los puntos de muestreo de suelos**

### 3.9.2 Suelos

Los suelos en el valle del Alto Piura (provincias de Piura y Morropón) son de origen y naturaleza mixta. Están compuestos predominantemente de material aluvial con material eólico y coluvial. Los suelos no muestran una fuerte estratificación en horizontes A y B y comprenden los órdenes de suelo *Azonal* (Regosuelo, Aluvial y Litosol) e *Intrazonal* (Solonchak y Grumosol) (Ministerio de Agricultura del Perú, 1974).

Los suelos que se presentan en el área del proyecto se describen en el Mapa de Suelos del Perú (INRENA 1995a) como *renosoles Haplicos – Solonchaks Haplicos* (ARh-SCh), y *Fluvisoles Eutricos-Regosoles Eutricos* (Fle-Rge).

Las serie local de suelo es la Serie Tambogrande, originalmente clasificada a través de un Estudio de Suelos ejecutado bajo los auspicios del Proyecto de Desarrollo de la Irrigación Agrícola Quiroz – Piura (Ministerio de Agricultura – SCIPA 1961). Los suelos de la Serie Tambogrande se presentan a lo largo de las áreas bajas, cerca del poblado de Tambogrande y en la margen derecha del Río Piura. Estos suelos están en terrenos planos (pendiente de 0-1 por ciento) y/o en áreas sin drenaje superficial y son de color marrón olivo claro, se trata de una greda arenosa profunda, bien drenado, desarrollado a partir de materiales aluviales locales y recientes asociados con el Río Piura. El pH del suelo es normalmente alcalino, y su contenido de materia orgánica es bajo. El fósforo asimilable es bajo, mientras que el potasio asimilable es alto. Estos suelos están sujetos a inundación en áreas bajas y a la acumulación de sales. En la Tabla 3.16 se da un perfil típico del suelo.

**Tabla 3.16 Perfil típico del suelo**

<b>HORIZONTE</b>	<b>PROFUNDIDAD (cm)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	0 – 35	Greda arcillosa marrón oscuro a marrón amarillento oscuro, loam suave, desmenuzable, granular o estructura tipo migas pH = 8.1
2	35 – 70	Marrón claro verde olivo, suave, desmenuzable. pH = 7.9
3	70 – 110	Loam limoso marrón claro verde olivo, , suave, desmenuzable. Esta capa podría reemplazarse con material grueso: arena pH = 7.9

En algunos tramos del Río Piura se ha podido observar suelos pobremente drenados (áreas pantanosas) que se extienden 50 m a 70 m desde el lecho del río, los cuales se usan durante la temporada seca para sembrar cultivos estacionales (Ministerio de Agricultura, 1976). Salvo que se mejoren, estas tierras no tienen valor agrícola alguno durante los períodos normales y húmedos. Además, la salinización de los suelos irrigados prevalece en el área y también se da en los lechos de río que son cultivados. Esto es probablemente el resultado de la evaporación y entrapamiento de las sales resultantes.

Sobre la base del informe “Caracterización de Potencial de DAR de la Roca Estéril” emitido por Lorax Environmental en el año 2000, en la Tabla 3.17 se muestra la concentración media de metales en los suelos de la cubierta, y las concentraciones que por lo general se encuentran en la corteza terrestre.

**Tabla 3.17 Concentraciones medias de metales en los suelos de cubierta cerca al depósito mineral**

Elemento	Unidad	Concentración en la cubierta	Abundancia típica	
			Continental	Rango
As	ppm	7	1.8	1-13
Sb	ppm	1.6	0.2	0.0-1.5
Hg	ppm	0.01	0.08	0.0-0.09
Ag	ppm	0.2	0.07	0.0X-0.11
Al	%	6.26	8.23	0.4-8.4
Ba	ppm	510	425	0.4-2300
Ca	%	1.98	4.15	0.5-31
Cd	ppm	0.5	3	0.0X-0.42
Co	ppm	10	25	0.1-150
Cr	ppm	128	102	2-1600
Cu	ppm	19	60	4-250
Fe	%	2.64	5.63	0.38-9.4
K	%	1.28	2.08	0.0X-4.8
Mg	%	0.64	2.33	0.16-20.4
Mn	ppm	645	950	X0-6700
Mo	ppm	0.5	1.2	0.2-27
Na	%	1.39	2.36	0.04-4.0
Ni	ppm	14	84	2-2000
Pb	ppm	16	14	1-80
Se	ppm	0.1	0.05	0.05-17
Zn	ppm	60	70	16-165

<sup>1</sup>Turkian and Wedepohl, 1961; Price, 1967

ciento de la población nacional. Aproximadamente el 54 por ciento de la tierra se considera adecuada para “Protección y Usos de Bosque”, mientras que 34 por ciento es adecuada para silvicultura con pastizales y sólo el 11 por ciento es adecuado para cultivo e irrigación (Figura 3.12). No obstante, es probable que el uso actual agrícola en el área de Tambogrande sea mayor que el sugerido por la clasificación que antecede, debido a las extensas obras de irrigación y a la prevalencia de una agricultura sin irrigación permanente (estacional).

#### **3.9.4 Flora**

Se ha generado un listado taxonómico de especies de las plantas que existen en el área del proyecto, a través de la identificación directa en el campo. Se identificaron un total de 78 especies de plantas nativas en el área del Proyecto Tambogrande, distribuidas en 67 géneros y 27 familias. En el Informe de Línea de Base se detalla la lista taxonómica, que describe la forma de crecimiento y el nombre común local.

Las áreas de bosque denso mostraron la cobertura porcentual más alta (150 a 214%) seguidas de los bosques semi densos (120 a 160%), bosques poco densos (80 a 120%), matorrales (40 a 90%) y sabana (60%). Los arbustos ribereños mostraron por lo general la menor cobertura de vegetación (32 a 79%), dependiendo del grado de recolonización de plantas del lecho de río previamente inundado, luego de que los niveles altos estacionales del agua bajaran.

**Figura 3.12 Clasificación de uso de tierras**

En general, la diversidad de especies es baja, debido principalmente a la predominancia de unas pocas tales como el “algarrobo”, “overo” y “palo verde”. En las áreas de bosques y la sabana, que comprende la mayor parte índice de diversidad “H” varió entre 0.001 y 1.77 bits por individuo. En comparación, en la maleza ribereña y en los campos de cultivo (principalmente en áreas de barbecho y de seto vivo) los valores de diversidad fueron mayores que 2.54 y 2.42 y 2.55, respectivamente.

Los campos de cultivo y los cercos vivos (seto vivo) también son hábitats importantes. La mayoría consiste en áreas que han sido despejadas para cultivo, que estaban siendo activamente cultivadas o que estaban en barbecho al momento del muestreo. Muchos de los campos de cultivo están delimitados con cercos de alambre de púas. En áreas en donde la irrigación es posible, el cultivo tiende a ser más intenso. En estas áreas, el cerco a menudo consiste en seto vivo de árboles y arbustos - muchos de los cuales han crecido de los mismos postes de cerco - así como especies herbáceas. Los árboles espinosos y los arbustos como el “algarrobo” y el “huarango” (*Acacia macracantha*) son especies comunes en los cercos vivos.

El cauce del Río Piura se usa como tierra de cultivo durante la temporada seca. Los principales cultivos que se siembran en el lecho del río son granos, camote y algunas raíces y frutas (por ejemplo, en enero del 2000 se observó rábano y melón). Dependiendo de la época del año, los cultivos en el lecho del río pueden ser cultivados activamente o dejados en barbecho (hacia fines de la estación seca), o incluso bajo agua (en la estación de lluvias). Los datos sobre la cobertura de la ugar denominado TG4, que está ubicado aproximadamente 5 km al Oeste de la ciudad de Tambogrande, representa un lugar de barbecho en el cual la revegetación natural había producido hasta un 49% de cobertura del terreno.

*Tessaria angustifolia*) que creció en amplios espacios dentro del lecho del Río Piura, el “sauce” (*Salix chilensis*), la “chilca” (*Baccharis* spp.), y diversos tipos de pastos y miembros de la familia asteraceae. Con frecuencia, la única planta en algunas áreas del lecho del río fue Pickleweed, (*Salicornia* sp.), un género tolerante a la sal que se presenta generalmente en pantanos salados marinos.

Los tipos de cultivos que se observaron dentro del lecho del río incluían ñame, diversos granos y vegetales. Los cultivos de tierra seca incluyen la “sarandaja” y el tras que los cultivos irrigados incluyen huertos de mango, limón, papaya, ciruela (*Spondia* spp.) y coco.

En algunas áreas, es evidente que el “algarrobo” está experimentando una regeneración natural importante en áreas previamente cultivadas, lo que tiende a aumentar más su dominio general.

### **3.9.5 Contenido de metales en el tejido de las plantas**

Con la finalidad de establecer aún mejor las condiciones de línea de base en el emplazamiento del proyecto, se recolectaron muestras de hojas o frutos de los árboles o arbustos comunes en lugares representativos, para medir el contenido de metales en los tejidos. A inicios de marzo del 2000 se recolectó un total de 18 muestras de nueve especies diferentes y se analizó su contenido de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, y Zn así como el contenido de humedad. El contenido de metales en el tejido registrado servirá como de punto de referencia para futuras comparaciones, luego de que la mina esté en construcción y operación y luego en la fase de cierre. En la Tabla 3.18 se muestran los resultados del muestreo efectuado.

**Tabla 3.18 Contenido de metales en el tejido de Plantas**

LUGAR DE LA MUESTRA	ESPECIE	TIPO DE TEJIDO	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	CONTENIDO DE HUMEDAD
			d							(%)
			(ppm, seco)							
TG1	Algarrobo	Hojas	1.5	0.00	8	410	75	0.00	24	48
TG1	Algarrobo	Vainas de semilla, secas	1.5	0.00	4	52	7	0.00	12	12
TG1	Chope	Hojas	2.0	0.00	7	300	160	0.00	32	82
TG1	Cun-cun	Hojas	2.5	0.0010	10	466	67	0.00	26	66
TG1	Overo	Hojas	2.0	0.0014	14	224	46	0.00	38	78
TG1	Guayabito	Hojas	3.5	0.00	5	506	85	0.00	20	20
TG2	Algarrobo	Hojas	1.0	0.0011	11	199	51	0.00	30	39
TG2	Algarrobo	Vaina de semillas, seca	1.0	0.00	4	35	2	0.00	13	16
TG2	Azote de Cristo	Hojas	1.5	0.00	8	93	27	0.00	42	44
TG2	Guayabito	Hojas	1.5	0.00	5	302	16	0.00	23	36
TG2	Cun-cun	Hojas	2.5	0.00	6	318	46	0.00	21	70
TG2	Palo verde	Hojas	2.0	0.0014	14	276	52	0.00	40	24
TG2	Chope	Hojas	2.0	0.00	7	134	52	0.00	26	78
Palo Verde	Sapote	Hojas	2.5	0.00	2	149	44	0.00	15	29
Palo Verde	Algarrobo	Vaina de semillas, fresca	2.0	0.00	5	58	6	0.00	17	86
Palo Verde	Algarrobo	Hojas	2.0	0.00	7	261	105	0.00	25	56
Palo Verde	Granadilla	Hojas	3.0	0.00	9	1045	76	0.00	162	56
Palo Verde	Chope	Hojas	2.0	0.00	7	273	69	0.00	25	80

Los análisis efectuados permitieron comprobar que existe una amplia variación en el contenido de humedad del tejido de las hojas entre las especies. Por otro lado; estos análisis muestran además niveles no detectables de cromo y plomo en todas las muestras; niveles consistentemente altos de hierro y manganeso en todas las muestras excepto en las vainas secas de “algarrobo”; y concentraciones relativamente altas de zinc en comparación con el cobre y el cadmio.

### 3.9.6 Vida silvestre

La información sobre la vida silvestre de esta región del Perú es limitada. Sin embargo, Brack (1988) da una descripción generalizada de la fauna, y Velásquez (1993) y Montoya (1995) dan cuentas detalladas de las aves y sus requisitos de hábitat en los alrededores de Tambogrande. Además, se llevó a cabo la observación directa de la vida silvestre y/o señales (rastros, nidos, madrigueras, pistas) en el campo para caracterizar la vida silvestre en el área de estudio.

#### Aves

La especie más común de aves incluye al sinsonte, *Mimus longicaudatus*, conocido localmente como “zoña” o “chisco”, la paloma de pico dorado, *Columbina cruziana* o “tortolita”, y el Hornero de Patas Claras, *Furnarius leucopus* o “chilalo”.

Se observaron nidos de numerosas otras especies, incluyendo la Curruca Americana, *Geothlypis aequinoctialis*, en una variedad de hábitats.

Hasta 36 especies de aves se consideran económicamente importantes en el área (Montoya,1995). Estas incluyen a aves de recursos, pestes y predadoras de animales domésticos. Localmente se usan hasta siete aves principales como recurso: dos especies de palomas, un sinsonte, un alcaraván, dos papamoscas, y una oropéndola. Las cinco aves peste más importantes incluyen el mirlo, pinzón, lorito, oropéndola y comesemillas.

#### Mamíferos

La vida silvestre de mamíferos reportada en el área incluye a la ardilla de cuello blanco (*Sciurus stramineus*), venado (*Odocoileus virginianus*), ratón (*Phyllotis gerbilus*) (una especie endémica), mofeta (*Conepatus semistriatus*), zorro de Sechura (*Dusicyon sechurae*), y marsupiales (*Marmosa* sp. y la zarigüeya *Didelphis* sp.) (Brack 1988). En el bosque ecuatorial seco se han registrado especies como el puma y el oso hormiguero, pero en lugares muy apartados. Sin embargo, probablemente no

abejas, avispas, moscas, grillos, mosquitos y escarabajos. Las colmenas domésticas para la producción de miel constituyen un importante componente de la actividad

Una observación particularmente notable durante el muestreo de línea de base fue la abundancia en el lecho del Río Piura, de una especie no identificada de grillo de madrigueras grande que los residentes locales usan como carnada para pescar.

### **3.9.7 Flora y fauna amenazada y rara**

La Resolución Ministerial 1710-77-AG, promulgada en 1977, proporciona la lista oficial más actual de la flora amenazada. Ninguna de las especies de la lista oficial de 1977, que es en esencia obsoleta, existe en el área del Proyecto Tambogrande. Sin

embargo el Centro de Datos de Conservación de INRENA (Del Carpio 1996) ha elaborado una lista no oficial de flora en peligro de extinción para el Departamento de Piura. De la flora listada, solo el “algarrobo” especie *Prosopis pallida*, se encuentra en el área del proyecto.

La Resolución Ministerial 1082-90-AG, promulgada en 1990, incluye la lista oficial de la fauna amenazada. La caza, captura y transporte de las especies listadas está prohibido por ley. No se ha confirmado la presencia de ninguna de las especies listadas como amenazadas, en el área del Proyecto Tambogrande. No obstante, se mencionan las siguientes especies debido a su potencial presencia en el área: la nutria de río, pavo, oso hormiguero, cormorán, chachalaca, boa y mapache.

### **3.10 Ecología acuática**

Esta sección presenta un resumen de la evaluación de línea de base de la biología acuática. Los datos de campo se tomaron de lugares a lo largo del Río Piura, Quebrada Carneros, Quebrada San Francisco y pequeños tributarios y canales de riego. En la Figura 3.13 se muestran las ubicaciones y los resultados de los estudios de campo.

#### **Ecosistema acuático**

Los cauces posteriores, laterales y aislados más grandes del Río Piura (que forman charcos a medida que los niveles de agua bajan luego del nivel alto estacional) fueron más evidentes en donde el cauce principal de avenidas es ancho, tales como las confluencias tanto de la Quebrada San Francisco y la Quebrada Carneros, y entre la Quebrada San Francisco y Quebrada Carneros. Estos son hábitats potencialmente sensibles, que albergan una importante variedad biológica a lo largo de prolongados períodos anuales de bajo caudal, y se usan para cría y desove. La red de canales en el área plana cerca de la boca de la Quebrada Carneros representa un importante hábitat particularmente para cíclicas juveniles y adulta en desove. La ubicación geográfica y las dimensiones de los hábitats importantes pueden cambiar de año a

año, como resultado del severo régimen de avenidas y el evidente movimiento lateral que experimenta el cauce del río.

**Figura 3.13 Hábitat de peces y ubicación del muestreo acuático**

### **3.10.1 Ecosistema acuático**

La baja gradiente, el sustrato arenoso y los altos caudales anuales, crean por lo general, condiciones físicas uniformes en los cauces principales del Río Piura y de la Quebrada San Francisco. Esto tiende a limitar la diversidad del hábitat en los cauces. La vegetación es limitada en áreas de la orilla, a pesar de que a veces se observa grass y especies *Typha* en las corrientes y junto a las mismas. La actividad agrícola en las áreas ribereñas y otras actividades humanas no parecen haber ejercido mayor presión ecológica en el ecosistema acuático. La Quebrada Carneros tenía muy poco caudal cuando se hicieron las observaciones de campo (finales de la temporada seca). La contaminación proveniente del centro poblado de Tambogrande y el ensanchamiento del cauce en la zona adyacente a Tambogrande, han afectado la calidad del hábitat

### **3.10.2 Comunidades de peces**

Se han reportado seis especies nativas de peces y dos especies introducidas, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) y grepi (*Lebistes reticulata*) para los segmentos más bajos del Río Piura. En la Tabla 3.19 se presenta un resumen de la nomenclatura, hábitat y características biológicas de las especies de peces que se han registrado en el

**Tabla 3.19 Especies de peces reportadas en el Río Piura**

Familia	Especies		Hábitat	Biología
	Nombre científico	Nombre común		
CHARACIDAE (carácidos)	<i>Brycon atrocaudator</i>	Cascafe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua dulce pelágica</li> <li>• Medio ambiente lento/rápido cubierto con vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción anual</li> <li>• Tamaño Max. 40 cm, 1 kg</li> <li>• Omnívoro, con preferencia herbívora y frugívora</li> </ul>
	<i>Bryconamericus peruvianus</i>	Carachita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentopelágico</li> <li>• Agua calma con fondo rocoso y ligeramente arenoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción anual 3.0-8.0 cm</li> <li>• Alimento-plankton e insectos acuáticos</li> </ul>
LEBIASINIDAE (carácidos)	<i>Lebiasina bimaculata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guavina</li> <li>• Charcocha</li> <li>• Lisa de agua (English: Two spot lebiasina)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelágico</li> <li>• Fuertes corrientes o “charcos”</li> <li>• Adaptado a regímenes de agua irregulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño Max. 10 cm</li> <li>• Potencialmente consumidor de aire</li> <li>• Predador</li> </ul>
Poecilidae	<i>Lebistes reticulata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grepí</li> <li>• Guppy: (English)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentopelágico</li> <li>• Calmado, áreas de agua con vegetación</li> <li>• Zanjas y canales con mala hierba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducido</li> <li>• Vivíparo</li> <li>• Alimento - zooplankton, pequeños insectos y detritus</li> <li>• Max 5 cm</li> </ul>
PIMELODIDAE (Pez gato bigotudo)	<i>Pimelodella yuncensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Life) Bagre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demersal</li> </ul>	-
TRICHOMYCTERIDAE (Pez gato parasitario o pencil)	<i>Trichomycterus punctulatus piurae</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demersal</li> <li>• Corriente torrencial o aguas de cabecera</li> <li>• Bancos de corriente o enterrados en el fondo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción no conocida</li> <li>• Alimento-pequeños invertebrados, larvas de insectos y otros moluscos</li> </ul>
CICHLIDAE	<i>Aequidens rivulatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mojarra (Inglés: Green terror)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentopelágico</li> <li>• Agua en movimiento o lenta limpia</li> <li>• Fondo con arena, graba materia/suelos orgánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción a lo largo del año</li> <li>• Omnívoro</li> <li>• Max 20 cm</li> </ul>
	<i>Oreochromis niloticus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilapia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentopelágico</li> <li>• Derivación de ríos, lagos, canales de desagüe, canales de irrigación</li> <li>• Fondo con arena, graba, materia/suelos orgánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción a lo largo del año</li> <li>• Alimento – principalmente fitoplankton y algas bénticas</li> <li>• Max 60 cm</li> </ul>

Sources: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org); Sifuentes 1992.

Se realizaron las siguientes observaciones y descubrimientos en el área de Tambogrande:

Se han reportado tres especies de carácidos en el bajo Río Piura: Cascafe, Lisa y Carachita. El cascafe se pesca por lo general para consumo humano en el área de Tambogrande.

Se han reportado dos especies de bagre en el Río Piura. Una subespecie de *T. Punctulatus*, parece ser endémica para el Río Piura y Río Chira.

De las dos especies de cíclidas, una (la “mojarra”), es una especie nativa y la otra (tilapia) ha sido introducida. Tanto la “mojarra” como la tilapia se pescan para consumo humano en las venciadas del área de Tambogrande.

Se pescó también olominas juveniles de la Quebrada Carneros durante los estudios más recientes. Este pez no es usado para consumo humano, pero puede que haya sido introducido a los reservorios o corrientes de movimiento lento dentro de la cuenca del Río Piura para el control de los mosquitos.

Se pescó Nile tilapia en una relativa abundancia durante los estudios de campo de línea de base. El cascafe fue la siguiente especie abundante que se pescó, seguida de

Durante el programa de línea de base se examinó el interior de dos especies de peces, cascafe y Nile tilapia. Los cascafes tenían restos de alimentos que parecen mayormente de naturaleza oportunista, incluyendo vegetales, insectos, peces y material de origen antropogénico (fibras sintéticas). El contenido del interior de la tilapia era por lo general arena, lo que indica consumo de material asociado con el fondo de los cauces.

Se analizó la concentración de metales en los tejidos de dos especies de peces extraídos del río (tilapia y cascafe). Las concentraciones de metales en tejido estuvieron dentro de los valores considerados seguros para consumo humano.

#### **3.10.4 Sedimento**

Se recogieron muestras de sedimento de siete lugares de muestreo a lo largo del Río Piura y en un lugar en la Quebrada Carneros. Todas las muestras constaban principalmente de arena (83 a 95%) y contenían pequeñas cantidades de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. El contenido de humedad era similar entre las ubicaciones de muestreo. Por lo general el pH de las muestras fue básico.

Las concentraciones de metales eran similares en las muestras de sedimento obtenidas de todas las estaciones de muestreo. Recientemente, Canadá ha desarrollado pautas

de calidad de sedimentos y éstas se usaron como comparación. La mayoría de las concentraciones de metales en el área de estudio estuvieron por debajo de las indicadas en las normas canadienses. Las concentraciones de arsénico estuvieron ligeramente por encima de dichas normas en cinco lugares (RP2, RP4, RP5, RP6 y RP7). La concentración de mercurio estuvo por encima del valor de la norma en RP3 para la muestra recogida en enero del 2000, pero muy por debajo de dicho valor en las muestras recolectadas durante el siguiente mes de diciembre. Las muestras de control de calidad indican que las concentraciones de mercurio pueden ser variables dentro de las estaciones de muestreo.

### **3.10.5 Hábitat potencialmente sensible**

Los cauces posteriores, laterales y aislados más grandes que forman charcos a medida que baja el nivel de agua luego del nivel alto estacional son hábitats potencialmente sensibles, que proporcionan una importante producción biológica a lo largo de los períodos anuales prolongados de bajo caudal. Estas áreas se usan generalmente para la crianza. Se observó en varios cauces laterales y posteriores, cardúmenes de pececillos y de mojarra adulta. Se observa frecuentemente depresiones en forma de marmitas en el sustrato, que parecen ser nidos de desove de mojarra en áreas de agua de movimiento lento, incluyendo la boca de los cauces posteriores. Esto fue más evidente ahí donde el cauce principal de avenidas se ensancha en las curvas del Río Piura, tales como las confluencias de la Quebrada San Francisco y Quebrada Carneros, y entre Quebrada San Francisco y Quebrada Carneros.

Es probable que la ubicación geográfica y las dimensiones de importantes áreas de hábitat cambien de un año a otro, como resultado del severo régimen de avenidas anuales y el evidente movimiento lateral del cauce del río. Durante las visitas efectuadas a la zona en enero y diciembre del 2000, la red de canales en el área plana cerca de la boca de Q. Carneros representó un hábitat acuático importante, particularmente para cíclidos juveniles y adultos en desove.

### **3.11 Arqueología**

Se llevó a cabo un trabajo de campo en los lugares arqueológicos existentes en el bajo Piura, particularmente en áreas relacionadas con el área del proyecto, el mismo que se realizó en dos etapas. En la primera etapa se dividió la concesión minera en cuadrantes de 200 hectáreas, para una posterior identificación de restos arqueológicos. La segunda etapa consistió en consultar con la población local sobre la presencia de restos arqueológicos. Sobre la base de esta información y con el apoyo del personal de Manhattan, se realizaron visitas a cada una de las áreas mencionadas.

Los lugares arqueológicos fueron identificados de acuerdo con los nombres locales y se codificaron según el sistema Rowe (Bonavia, 1966).

#### **3.11.1 Área de influencia del proyecto**

Se han identificado diecinueve lugares arqueológicos. Diecisiete de éstos están ubicados dentro del área del Proyecto Tambogrande y dos están fuera de ésta, tal y como se muestra en la Figura 3.14 y se resume en la Tablas 3.20 y Tabla 3.21. Seis de estos lugares se registraron únicamente sobre la base de la información obtenida de los residentes locales, ya que no existe evidencia física de restos arqueológicos en estos lugares. Otros lugares sólo revelaron material arqueológico disperso en la superficie o evidencias de saqueo.

**Tabla 3.20 Lugares arqueológicos importantes en la Cuenca de Piura**

NOMBRE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Estero		Lugar lítico
Siches-Honda		Lugar lítico
Cerro Llantuná	Cerca de Ayabaca	Lugar lítico
Cerro Ñañañique	Cerca de Chulucanas	Centro ceremonial construido durante el Período Formativo Temprano Reconstruido durante el período Chimú
Cerro Leonor	Cerca de Chulucanas	Lugar del Período Formativo
Monstrante	Cerca de Frias	Lugar del Período Formativo
Huaca El Bosque	Castilla district	Cerámicos del Período Formativo (Cupisnique)
Cerro Vicus	Cerca de Morropón	Puesto de vigilancia del período Vicus
Yecalá		
El Ovejero		
Los Batanes	Cerca a Morropón en Alto Piura	
Cerro Azul	18 km al sureste de Piura	Lugar ubicado en pueblo del Horizonte Medio
Chulucanitas (Caxas)		Centro ceremonial y administrativo Inca

**Figura 3.14 Lugares arqueológicos**

**Tabla 3.11 Ubicación de los principales lugares arqueológicos en la Concesión Minera Tambogrande**

LUGAR ARQUEOLÓGICO		COORDENADAS	POTENCIAL
Cerro Tambogrande (Pr5-100)		5 73 348 E 94 55 461 N	No hay potencial, no hay restos en la superficie
El Anima (Pr5-101)		5 72 575 E 94 53 031 N	Potencial limitado, ha sido bastante huaqueado
La Huaca (Pr5-102)		5 73 019 E 94 53 417 N	No hay potencia, no hay restos en la superficies
Locuto R2 (Pr5-103)		5 72 575 E 94 52 031 N	No hay potencia, no hay restos en la superficies
La Greda (Pr5-104)		5 75 469 E 94 50 658 N	Potencial limitado, material superficial limitado
Angostura 1 (Pr5-105)		5 71 325 E 94 54 434 N	Buen potencial de superficie
Angostura 2 (Pr5-106)		5 69 412 E 94 54 293 N	Buen potencial de superficie
Bonapira (Pr5-107)		5 74 103 E 94 54 463	Potencial limitado, se observó poco material en la superficie.
Santa Clara (Pr5-108)		5 68 155 E 94 56 723 N	Buen potencial de superficie
Cerro Curban (Pr5-109)		5 74 829 E 94 54 013 N	Buen potencial de superficie
El Carbón (Pr5-110)		5 80 169 E 94 50 557 N	Potencial limitado, no se observó material en la superficie.
San Martín de Malingas (Pr5-111)		5 76 739 E 95 51 777 N	Limited potential, little surface material observed.
Ocoto Alto	(Pr5-112A) 1 A	5 68 417 E 94 54 278 N	Buen potencial de superficie
	(Pr5-112B) 1 B	5 68 417 E 94 54 466 N	Buen potencial de superficie
	(Pr5-112C) 1 C	5 68 863 E 94 54 479	Buen potencial de superficie
Las Mercedes (Pr5-113)		5 69 538 E 94 55 331 N	Buen potencial de superficie
Locuto (Pr5-114)		5 71 936 E 94 52 553 N	Average potential. Little surface
La Pala (Pr5-115)		5 76 825 E 94 56 450 N	No hay potencia. No hay restos en la superficie
El Barranco (Pr5-116)		5 75 434 E 94 52 693 N	No hay potencial. No hay material en la superficie
Curban Bajo (Pr5-117)		5 75 735 E 94 53 587 N	Buen potencial de superficie
Guaraguaoz Alto (Pr5-118)		5 89 200 E 94 59 400 N	Buen potencial de superficie

### **3.11.2 Plan de mitigación**

Manhattan gestionará la emisión de un Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) ante el Instituto Nacional de Cultura, cuando defina la extensión exacta y los límites de sus futuras operaciones mineras. Si se encontrara una área arqueológica, será necesario llevar a cabo una “Excavación de Evaluación Arqueológica” con la finalidad de establecer los límites del emplazamiento arqueológico, determinar su potencial y definir la posibilidad de futuros trabajos de rescate.

De igual manera y con la finalidad de garantizar que ninguna área arqueológica sea perturbada durante las fases de construcción y de operación del Proyecto, un programa de entrenamiento y de formación de conciencia con los contratistas y empleados de la compañía operadora. Se emitirá un protocolo para posibles hallazgos en cada emplazamiento de construcción y operación, el mismo que se incorporará al Plan de Mitigación.

### **3.12 Identificación de componentes ambientales valiosos**

Un Componente Ambiental Valioso (CAV) se define como un elemento del medio ambiente, por el cual existe una preocupación reconocida de que pueda verse afectado por el Proyecto. La preocupación puede originar percepciones por parte del público a nivel local, nacional e internacional, de los proponentes, y de la comunidad científica y profesional.

Los CAV's para el Proyecto Tambogrande fueron identificados a través de un ejercicio que utilizó la información disponible sobre las condiciones de línea de base ambientales y sobre las preocupaciones sociales, tanto dentro como fuera del área del proyecto. Para fines de evaluación, el ambiente se subdividió en aspectos bio-físico (acuático y terrestre), socioeconómicos y culturales (relacionados con el ambiente

**Tabla 3.22 Componentes Ambientales Valiosos (CAVs) identificados durante el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Tambogrande.**

Componente Ambiental Valioso (CAV)	Medio Humano	Medio Acuático	Medio Terrestre
1. Cantidad y disponibilidad de agua	X	X	X
2. Calidad del agua	X	X	
3. Disponibilidad y calidad de tierras agrícolas	X		
4. Calidad del aire	X	X	X
5. Vegetación acuática y ribereña	X?	X	
Bosque seco ecuatorial y recurso de algarrobo	X		X
6. Recursos hidrobiológicos y pesca	X	X	
7. Aves acuáticas y aves limmícolas	X	X	
8. Vida silvestre terrestre	X?		X
9. Biodiversidad		X	X

A continuación se describe brevemente cada CAV

### **Agua: Cantidad y calidad**

Probablemente el componente ambiental más importante en el área del proyecto es el agua, debido a su escasez natural en este ambiente semi-desértico. La cantidad de agua fue examinada en relación con su disponibilidad y suficiencia (es decir si cubría las necesidades de los medios humanos, terrestres y acuáticos) y excedente (es decir, posibles avenidas). La calidad del agua se consideró como un CAV aparte y se le examinó en relación con la potencial alteración de sus características físicas y químicas, y los potenciales efectos de cualquier cambio en el ambiente receptor. Se consideró tanto los recursos de agua subterránea como superficial.

### **Disponibilidad y calidad de tierras agrícolas**

En la actualidad, la agricultura es el uso predominante de las tierras en el área del proyecto. Los residentes del área del proyecto han expresado su preocupación por la pérdida potencial de la actividad agrícola debido a la explotación minera propuesta. Constituyen aspectos clave de este CAV las pérdidas directas potenciales de tierras de cultivo debido al alcance de la mina, y la posible alteración de la calidad química y física de las tierras agrícolas de los alrededores debido a emisiones llevadas por el agua o por el viento, provenientes de la mina propuesta.

### **Calidad del aire**

La calidad del aire es un tema común en relación con cualquier proyecto industrial que pueda generar polvo y/o generar emisiones hacia el aire, provenientes de procesos industriales. El nivel de preocupación es particularmente alto en este caso, porque el proyecto está junto a una área urbana y se ubica en un medio árido, en donde la generación de polvo es, por naturaleza, alta.

### **Vegetación acuática y ribereña**

Los corredores de cursos de agua del área del proyecto brindan un hábitat crítico para muchas especies de plantas y animales en el medio árido del área del proyecto. Estos cursos de agua incluyen el Río Piura y sus tributarios naturales, así como los muchos canales de irrigación activos y las pozas de almacenamiento de agua. La vegetación que crece en las riberas de estas aguas es también un recurso importante para la población humana y para el ganado.

### **Bosque seco ecuatorial y recursos de algarrobo**

El estado de conservación del bosque seco ecuatorial es considerado en peligro de extinción a nivel regional, tal como se describe en la Sección 3.9.7 de este informe. La principal especie de planta de esta región, el algarrobo, es una fuente natural muy importante para la población local.

### **Recursos hidrobiológicos y pesca**

Las poblaciones de peces que sobreviven en el Río Piura y sus tributarios constituyen un importante eslabón en la cadena alimenticia para la vida silvestre local, particularmente para numerosas especies de aves. En forma similar, los peces sustentan la pesca estacional, la que contribuye a la nutrición y, en menor escala, a la economía de los residentes locales. Dada la extrema variabilidad natural en hábitats se considera importante la conservación de la

### **Aves acuáticas y aves limnícolas**

La fauna de aves acuáticas y limnícolas constituyen los representantes más fácilmente visibles en esta árida región, y son importantes desde una perspectiva de conservación de la biodiversidad. Las especies residentes y las migratorias dependen del río, las quebradas y los canales activos de irrigación y de la vegetación ribereña para su alimentación, descanso y reproducción. Además, algunas especies son cazadas por residentes locales para alimento.

### **Vida silvestre terrestre**

La fauna terrestre, que comprende las aves, los mamíferos, reptiles e invertebrados es importante desde una perspectiva de conservación de la biodiversidad, y porque es sensible a las alteraciones del hábitat en este medio árido. Sin duda alguna, las aves y los insectos voladores desempeñan un papel importante en la polinización de los cultivos de árboles frutales. Algunas especies son cazadas para alimento y/o su

### **Biodiversidad**

La biodiversidad como un todo se considera un componente ambiental valioso debido a su importancia regional y global, tal como se ha descrito anteriormente. Este CAV

toma en cuenta la diversidad biológica y ecológica de los medios terrestres y acuáticos.

En el Capítulo 6 se evalúan los impactos de los CAV's anteriores durante las fases de construcción, operación y cierre y post-cierre del proyecto.