



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIAp/RIMA)

Pöyry Tecnologia Ltda.

Av. Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100
Bloco B - 7º andar
04726-170 São Paulo - SP
BRASIL
Tel. +55 11 3472 6955
Fax +55 11 3472 6980
E-mail: contato.br@poyry.com

Fecha 15.07.2020
Nº Referência 109001759-003-0000-E-1501

Página 1


Fábrica de Celulosa y Puerto en Concepción – Paraguay
VOLUMEN II – Tomo I – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL MEDIO FÍSICO

Contenido	8	DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIA
	9	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
		REFERENCIAS

Distribución	
PARACEL	Y
PÖYRY	-

Orig.	15/07/20 – emf	15/07/20 – bvv	15/07/20 – hfw	15/07/20 – hfw	Para información
Rev.	Fecha/Autor	Fecha/Verificado	Fecha /Aprobado	Fecha /Autorizado	Observaciones

CONTENIDO

8	DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIA	6
9	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	11
9.1	Medio físico	11
9.2	Clima y Meteorología.....	11
9.2.1	Metodología.....	13
9.2.2	Precipitación Pluvial	15
9.2.3	Presión Atmosférica	16
9.2.4	Temperatura del Aire	17
9.2.5	Humedad Relativa.....	19
9.2.6	Viento	21
9.3	Calidad del Aire	29
9.4	Ruidos	36
9.4.1	Las Leyes Aplicables	37
9.4.2	Locales de medición.....	38
9.4.3	Metodología.....	42
9.4.4	Equipos	43
9.4.5	Resultados y Conclusiones	44
9.5	Geología.....	44
9.5.1	Caracterización Regional (AII).....	46
9.5.2	Caracterización Local (AID)	52
9.5.3	Caracterización Geológica del ADA.....	57
9.6	Geomorfología (Relieve y Orografía)	60
9.6.1	Caracterización Regional (AII).....	60
9.6.2	Caracterización Local (AID y ADA)	61
9.7	Edafología (Suelos)	64
9.7.1	Caracterización Regional (AII).....	64
9.7.2	Caracterización Local (AID y ADA)	69
9.8	Espeleología	71
9.9	Hidrología (Recursos Hídricos Superficiales)	73
9.9.1	Caracterización Regional (AII).....	78
9.9.2	Caracterización Local (AID y ADA)	84
9.9.3	Calidad de agua superficial y sedimentos	94
9.9.4	Calidad del agua proporcionada por ESSAP	114
9.10	Hidrogeología (Recursos Hídricos Subterráneos)	117
9.10.1	Caracterización Regional (AII).....	124
9.10.2	Caracterización Local (AID y ADA)	126
9.10.3	Calidad del agua subterránea	126
	REFERENCIAS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de las Áreas de Influencia para el Medio Físico.....	8
Figura 2 – Mapa de las Áreas de Influencia para el Medio Biótico.....	9
Figura 3 – Mapa de las Áreas de Influencia para el Medio Socioeconómico.....	10
Figura 4 - Clasificación climática de Köppen (1971-2010). Fuente: Pasten et al. (2011)	12
Figura 5 - Clasificación climática de Thornthwaite (1971-2010). Fuente: Pasten et al. (2011).....	13
Figura 6 - Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas distantes del emprendimiento. Fuente: Google Earth, 2020.....	15
Figura 7 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Puerto Casado.	16
Figura 8 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Pozo Colorado.....	16
Figura 9 – Presión Atmosférica mensual media en la estación San Pedro.	17
Figura 10 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.	17
Figura 11 – Temperatura mensual media en la estación Puerto Casado.	18
Figura 12 – Temperatura mensual media en la estación Pozo Colorado.....	18
Figura 13 – Temperatura mensual media en la estación San Pedro.	18
Figura 14 – Temperatura mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.	19
Figura 15 – Humedad Relativa mensual media en la estación Puerto Casado.	19
Figura 16 – Humedad Relativa mensual media en la estación Pozo Colorado.....	20
Figura 17 – Humedad Relativa mensual media en la estación San Pedro.....	20
Figura 18 – Humedad Relativa mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.	21
Figura 19 – Velocidad Media del viento en la estación Puerto Casado.	21
Figura 20 – Rosa de los vientos observada en la estación Puerto Casado.....	22
Figura 21 – Velocidad Media del viento en la estación Pozo Colorado.....	23
Figura 22 – Rosa de los vientos observada en la estación Pozo Colorado.	24
Figura 23 – Velocidad Media del viento en la estación San Pedro.....	25
Figura 24 – Rosa de los vientos observada en la estación San Pedro.	26
Figura 25 – Velocidad Media del viento en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.	27
Figura 26 – Rosa de los vientos observada en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.	28
Figura 27 – Ubicación de los puntos de monitoreo de las campañas. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	30
Figura 28 – Punto P01. Fuente: Geoavaliar (2020).....	31
Figura 29 – Punto P02. Fuente: Geoavaliar (2020).....	31
Figura 30 – Punto P03. Fuente: Geoavaliar (2020).....	31
Figura 31 – Mapa de ubicación de los 5 puntos de medición del nivel de presión sonora ambiente. Fuente: Adaptado de <i>Google Earth</i> (2020).....	40
Figura 32 – Punto NO01 (23°15'4.62"S; 57°29'36.53"O). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	41
Figura 33 – Punto NO02 (23°13'31.85"S; 57°29'33.20"O). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	41
Figura 34 – Punto NO03 (23°12'4.55"S; 57°27'20.60"O). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	41
Figura 35 – Punto NO04 (23°14'23.26"S; 57°26'19.28"O). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	42
Figura 36 – Punto NO05 (23°16'27.03"S; 57°27'25.65"O). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	42
Figura 37 – Síntesis de la Geología del Paraguay. Fuente: González, 2000.	45
Figura 38 – Columna tectono-Estratigráfica del Paraguay. Fuente: González, 2000.	46
Figura 39 – Cratón del Río Apa. Fuente: Sitio web Geología del Paraguay.	47
Figura 40 – Cratón del Río Tebicuary. Fuente: Sitio web Geología del Paraguay.	48
Figura 41 – Mapa de geología de las áreas de influencia.	53
Figura 41 – Ubicación de puntos de sondeo	58
Figura 41 – Perfil estratigráfico del punto de sondeo SM05	59

Figura 42 – Mapa de Relieve y Orografía del Paraguay. Fuente: Godoy Araña & Gadea (2018).	61
Figura 43 – Mapa de relieve/orografía de las áreas de influencia.	63
Figura 44 – Ubicación de Paraguay en cuencas geológicas y en la cuenca hidrográfica del Río de la Plata. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).	65
Figura 45 – Mapa de fisiografía y suelos de la Región Oriental del Paraguay. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).	67
Figura 46 – Mapa de fisiografía y suelos de la Región Occidental del Paraguay. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).	68
Figura 47 – Mapa de suelos de las áreas de influencia.	70
Figura 48 – Ubicación de las cavernas según la Resolución n°4577/2011.	71
Figura 49 – Mapa de las cavernas en relación con las áreas de influencia.	72
Figura 50 – Cuenca del Plata por país. Fuente: CIC (2020).	73
Figura 51 – Unidades Hidrográficas del Paraguay. Fuente: MADES (2020).	75
Figura 52 – Mapa de recursos hídricos.	77
Figura 53 – Mapa de la Unidad Hidrográfica Aquidabán.	78
Figura 54 – Ocupación de la cuenca del Río Aquidabán.	79
Figura 55 – Mapa de la Unidad Hidrográfica Río Pilcomayo.	80
Figura 56 – Mapa con los sitios Ramsar existente en la región de la fábrica.	83
Figura 57 – Cuenca del Plata por subcuencas. Fuente: CIC (2020).	84
Figura 58 – Distribución de la cuenca del Río Paraguay en los países. Fuente: CIC (2020).	85
Figura 59 – Mapa de subcuencas del Plata. Fuente: CIC (2017).	86
Figura 60 – Mapa de la subcuenca del Alto Paraguay. Fuente: CIC (2017).	87
Figura 61 – Mapa de la subcuencas del Medio y Bajo Paraguay. Fuente: CIC (2017).	88
Figura 62 – Visión del Río Paraguay. Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	89
Figura 63 – Demanda consuntiva por usos. Fuente: Adaptado de CIC (2015).	90
Figura 64 – Mapa con hidrovías de la Cuenca del Plata. Fuente: CIC (2017).	92
Figura 65 – Mapa de ubicación del Arroyo de Seco.	94
Figura 66 – Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	95
Figura 67 – Punto FW01 / SE01. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	96
Figura 68 – Punto FW02 / SE02. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	96
Figura 69 – Certificado de participación de INYMA laboratorio en los ensayos interlaboratorios del INTI (año 2017)	98
Figura 70 – Certificado de acreditación de Bioagri Ambiental Ltda	98
Figura 71 – Muestreo de Aguas Superficiales. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	102
Figura 72 – Equipo para muestreo de aguas superficiales en profundidad. Fuente: Pöyry Tecnología (2020).	102
Figura 73 – Medición del pH y temperatura <i>in situ</i> . Fuente: INYMA (2019).	103
Figura 74 – Draga para muestreo de los sedimentos. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)	103
Figura 75 – Mapa de los acuíferos transfronterizos de la Cuenca del Plata. Fuente: CIC (2017).	118
Figura 76 – Volúmenes de agua subterránea explotados anualmente. Fuente: CIC (2017).	119
Figura 77 – Distribución de salinidades de las aguas subterráneas. Fuente Diniz <i>et al.</i> (2015).	121
Figura 78 – Vulnerabilidad natural de las aguas subterráneas de la Cuenca del Plata. Fuente Diniz <i>et al.</i> (2015).	122
Figura 79 – Mapa de sistemas de acuíferos	123
Figura 80 – Ubicación de los puntos de monitoreo de las campañas de recolección de agua subterránea. Fuente: Adaptado de Google Earth (2020).	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Resultados de la primera campaña de calidad del aire.....	33
Tabla 2 – Resultados de la segunda campaña de calidad del aire	34
Tabla 3 – Límites de ruidos establecido por la Ley n° 1.100/97 (en decibelios “A” dB (A))	38
Tabla 4 – Localización de los puntos de medición del nivel de presión sonora ambiente	39
Tabla 5 – Resultados de las mediciones de niveles presión sonora ambiente	44
Tabla 6 – Unidades Hidrográficas del Paraguay	76
Tabla 7 – Ocupaciones de la cuenca del Río Aquidabán.....	79
Tabla 8 – Resumen de caudales medios anuales del Río Paraguay hasta confluencia con el Río Paraná	89
Tabla 9 – Demanda consuntiva por usos en Hm ³ /año	90
Tabla 10 – Evaluación general cualitativa de los usos del agua	93
Tabla 11 – Coordenadas de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos	95
Tabla 12 – Métodos del análisis de aguas superficiales	99
Tabla 13 – Métodos del análisis de sedimentos	101
Tabla 14 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW01 (Parámetros <i>in situ</i>)	105
Tabla 15 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW01	106
Tabla 16 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW02 (Parámetros <i>in situ</i>)	108
Tabla 17 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Aguas Superficiales – FW02	109
Tabla 18 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Sedimentos – SE01	111
Tabla 19 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Sedimentos – SE02	112
Tabla 20 – Resultados de calidad del agua por ESSAP	115
Tabla 21 – Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua subterránea	128

8

DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIA

Según la Ley 294/93, en su Artículo 1°, *declárase obligatoria la Evaluación de Impacto Ambiental. Se entenderá por Impacto Ambiental, a los efectos legales, toda modificación del medio ambiente provocada por obras o actividades humanas que tengan, como consecuencia positiva o negativa, directa o indirecta, afectar la vida en general, la biodiversidad, la calidad o una cantidad significativa de los recursos naturales o ambientales y su aprovechamiento, el bienestar, la salud, la seguridad personal, los hábitos y costumbres, el patrimonio cultural o los medios de vida legítimos.*

El artículo 3°, inciso c, de la misma ley, *determina que los límites del área geográfica a ser afectada, con una descripción física, biológica, socioeconómica y cultural, detallada tanto cuantitativa como cualitativamente, del área de influencia directa de las obras o actividades y un inventario ambiental de la misma, de tal modo a caracterizar su estado previo a las transformaciones proyectadas, con especial atención en la determinación de las cuencas hidrográficas.*

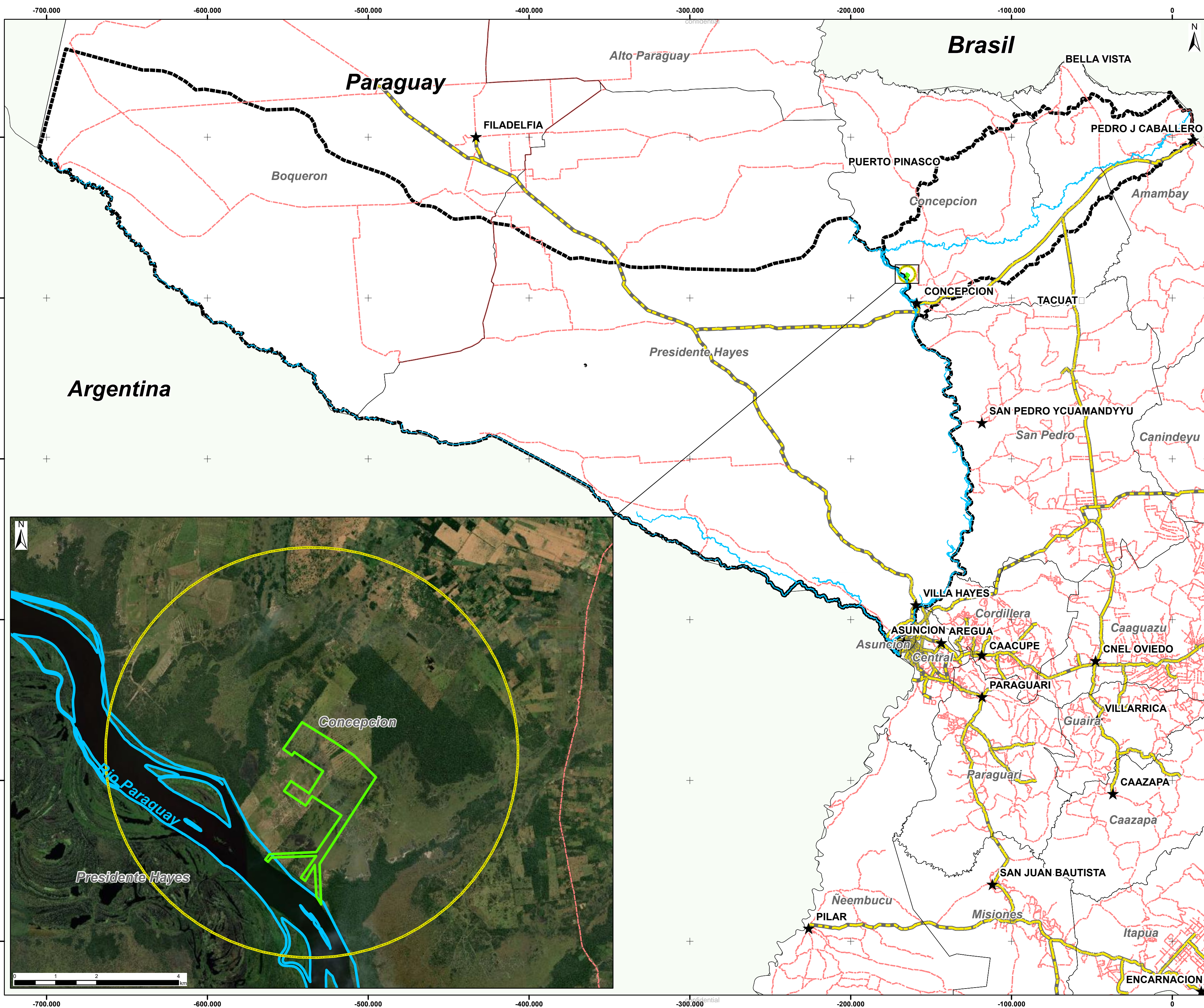
Por lo tanto, el diagnóstico ambiental se realizó en tres áreas de influencia del emprendimiento: Área Directamente Afectada (ADA), Área de Influencia Directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (AII), siendo, respectivamente, las áreas afectadas, directa e indirectamente por la incidencia de los impactos ambientales.

- ✓ ADA: área de implantación del emprendimiento, incluyendo las áreas industriales, accesos y áreas de apoyo;
- ✓ AID:
 - Para los medios físico y biótico está siendo considerado un radio de 5 km en el entorno del emprendimiento.
 - Para el medio socioeconómico, la AID comprende el distrito de Concepción; y
- ✓ AII:
 - Para el medio físico, se consideraron las Unidades Hidrográficas, definidas según la Resolución N°376/2012, como la unidad de referencia. De esta manera, la AID (radio de 5 km desde la ADA) se superpuso sobre los límites de las Unidades Hidrográficas. La superposición de esta información dio como resultado la definición del AII como las Unidades CIH18-Rio Pilcomayo y CIH8-Aquidaban. Estas unidades cubren parte de la subcuenca del medio y bajo Paraguay. Vale la pena señalar que no se consideró en el AII la totalidad de esta subcuenca, porque no se encontraron usuarios relevantes suficientemente cerca (en términos de afectación de la calidad del agua) aguas abajo del punto de descarga de los efluentes, en la porción que abarca la subcuenca. Otro factor que justifica la definición de este límite del AII se refiere a la dispersión de los efluentes tratados en el río Paraguay, que es rápida y ocurre muy cerca del punto de lanzamiento (entre 0,37 y 0,42 m), estando este punto ubicado aguas arriba del punto de captación de agua de la fábrica.
 - Para el medio biótico, el Área de Influencia Indirecta consideró las ecorregiones que el Departamento de Concepción intercepta y, en parte,

las cuencas hidrográficas Aquidabán y Pilcomayo, a saber: Cerrado, Alto Paraná, Chaco Húmedo y Chaco Seco. La sistematización de la información por ecorregiones en la bibliografía disponible justificó la elección de este criterio.

- Para el medio socioeconómico el AII comprende los tres departamentos del norte del país: Concepción, San Pedro y Amambay

Los mapas siguientes muestran las áreas de influencia para los medios físico, biótico y socioeconómico.



MAPA DE UBICACIÓN

Bolivia

Brasil

Argentina

LEYENDA

- ★ Capitales
- Carreteras Principales
- Caminos Secundarios
- Hidrografía
- ADA - Área Directamente Afectada
- AID - Área de Influencia Directa
- AI - Área de Influencia Indirecta
- Para el Medio Físico (CIH Rio Pilcomayo y Aquidaban)
- Departamentos
- América del Sur

ESCALA GRÁFICA:

0 20 40 80 km

DATUM SIRGAS 2000
PROYECCIÓN: UTM

FUENTE DE DATOS:
- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

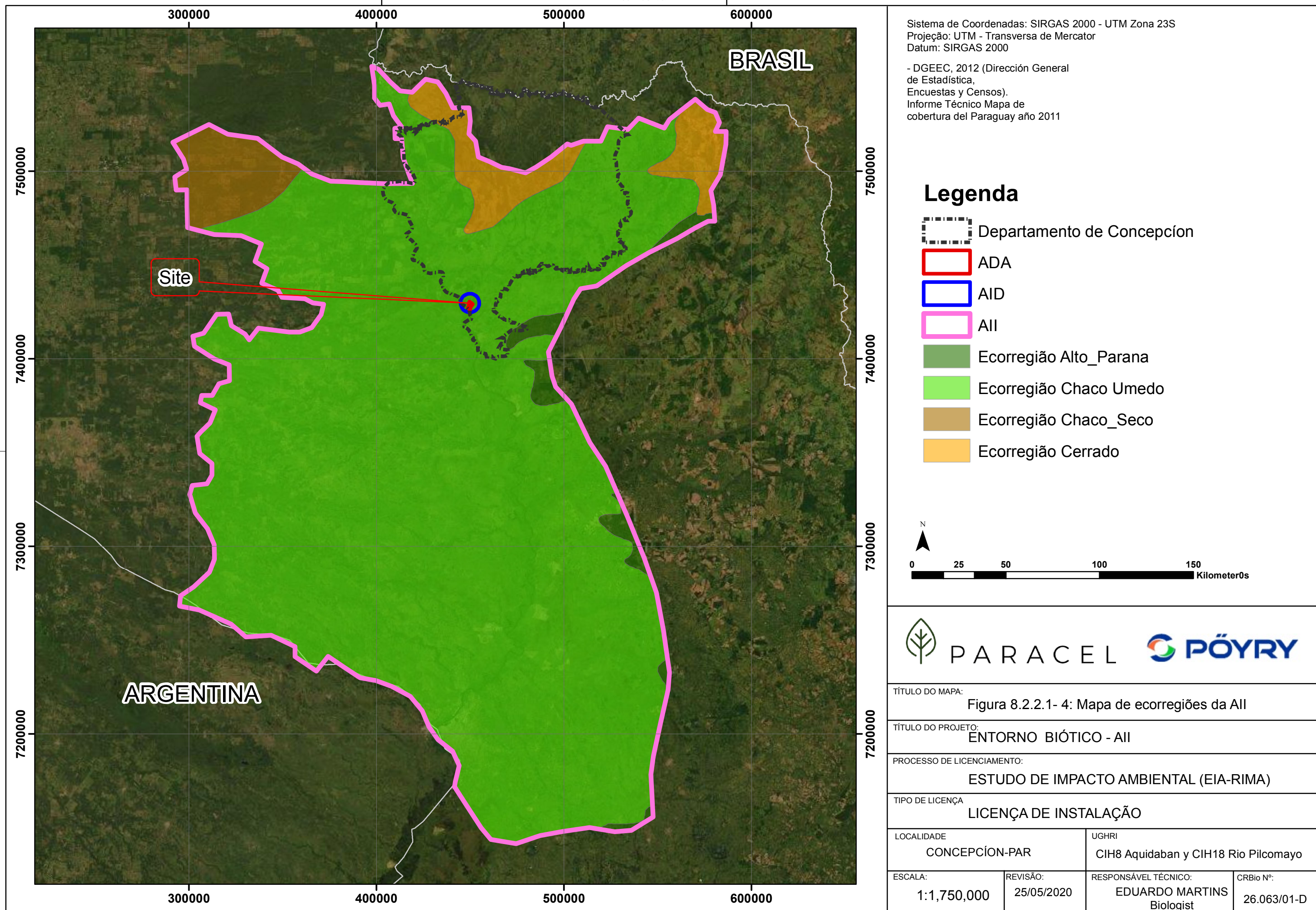
CIH8 Aquidaban y CIH18 Rio Pilcomayo

FÍSICO

ESCALA: 1:1.500.000 FECHA: 06/05/2020

PROYECTO N: Figura 1 FOLIA: 1/7 FORMATO: A2

RESP TECNICO: Romualdo Hirata FIRMA: REV: 0

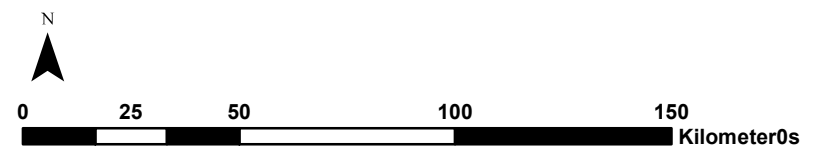


Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 - UTM Zona 23S
 Projeção: UTM - Transversa de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000

- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).
 Informe Técnico Mapa de cobertura del Paraguay año 2011

Legenda

- Departamento de Concepción
- ADA
- AID
- AII
- Ecorregião Alto_Parana
- Ecorregião Chaco Umido
- Ecorregião Chaco_Seco
- Ecorregião Cerrado



TÍTULO DO MAPA: Figura 8.2.2.1- 4: Mapa de ecorregiões da AII

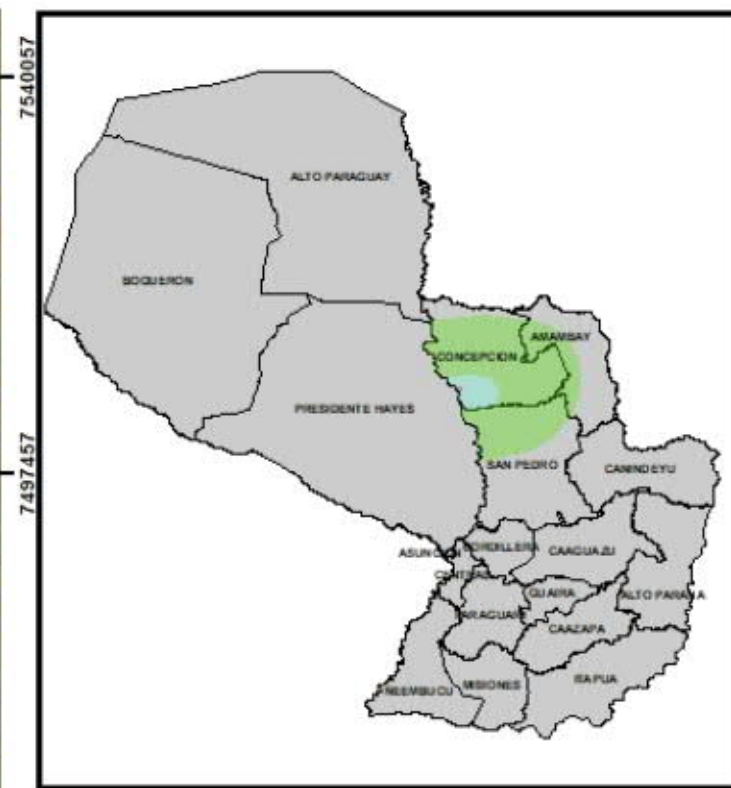
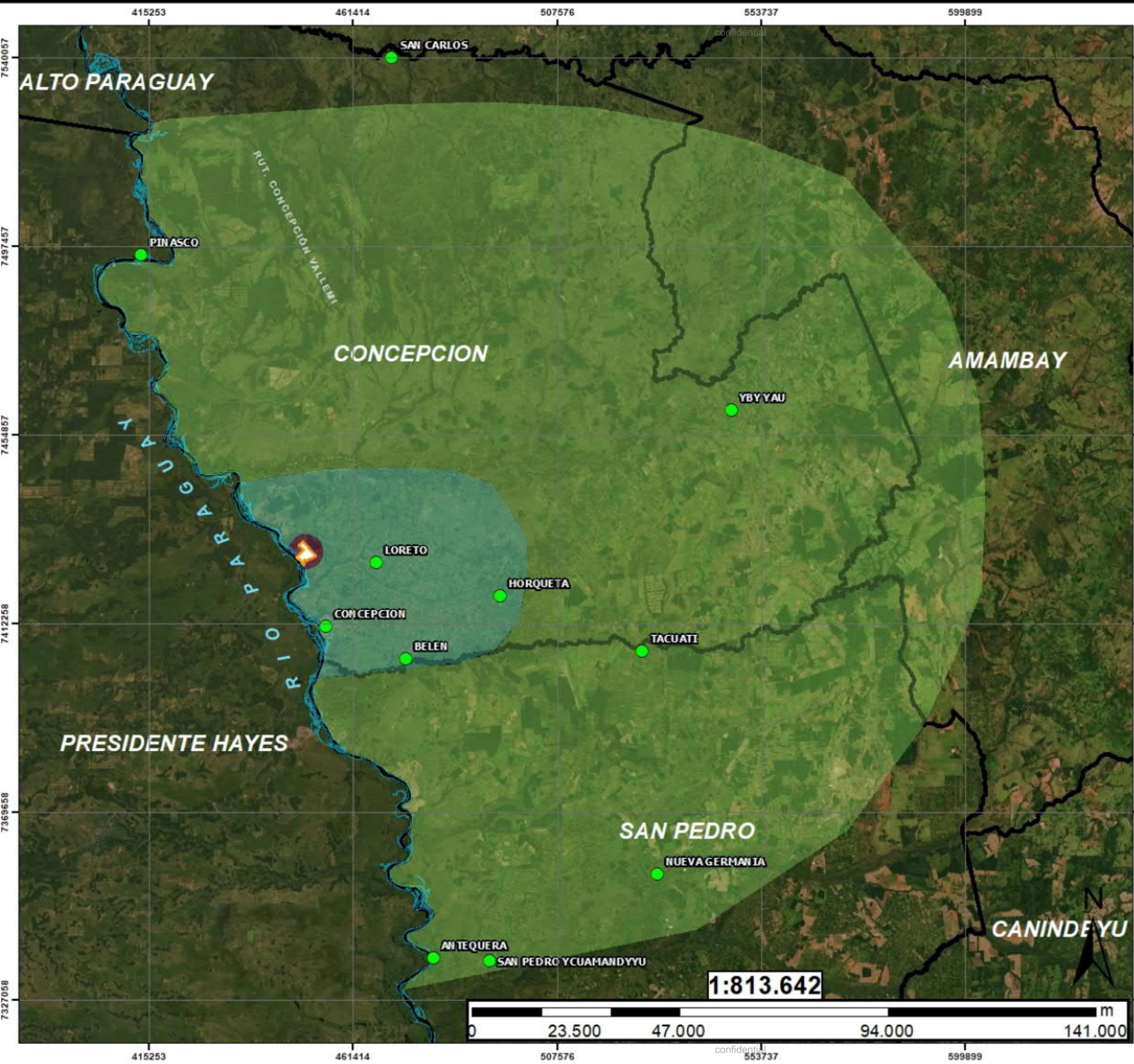
TÍTULO DO PROJETO: ENTORNO BIÓTICO - AII

PROCESSO DE LICENCIAMENTO: ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA-RIMA)

TIPO DE LICENÇA: LICENÇA DE INSTALAÇÃO

LOCALIDADE CONCEPCIÓN-PAR	UGHRI CIH8 Aquidaban y CIH18 Rio Pilcomayo
------------------------------	---

ESCALA: 1:1,750,000	REVISÃO: 25/05/2020	RESPONSÁVEL TÉCNICO: EDUARDO MARTINS Biologist	CRBio Nº: 26.063/01-D
------------------------	------------------------	--	--------------------------



EMPRESA PARACEL
PROYECTO: Construcción y Operación de una Planta de Fabricación de Pasta de Celulosa
Estudios Sociales del Componente Industrial / Estudio de Impacto Ambiental Preliminar

9 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

9.1 Medio físico

El diagnóstico del entorno físico permite observar los estados actuales de clima y meteorología, calidad del aire, ruido, geología, geomorfología, pedología e hidrología (recursos hídricos superficiales y subterráneos) de las áreas de influencia y así obtener una evaluación adecuada de los impactos ambientales relacionados con la implementación y operación de la fábrica de celulosa de PARACEL.

Para la recopilación de datos primarios y secundarios, se consideraron las áreas de influencia, a saber:

- AII – Unidades Hidrográficas Aquidabán (12.515 km²) y Río Pilcomayo (86.694 km²), según la Resolución MADES n° 376/2012;
- AID – Radio de 5 km alrededor de la ADA. Esta delimitación se debió a los estudios de dispersión atmosférica;
- ADA – Comprende la región interna propiedad de PARACEL, donde la unidad industrial se establecerá adecuadamente, además de la tubería de recolección de agua y emisario de efluentes terrestres.

9.2 Clima y Meteorología

El tipo de clima en Paraguay es tropical a subtropical, gobernado por masa de aire tropical y masa de aire polar, con veranos calurosos y lluviosos e inviernos con temperaturas bajas y menos lluviosas. La temperatura media anual es de 23°C y la máxima media anual es de 29°C. Existe una marcada diferencia entre la distribución de las precipitaciones en las dos regiones en que se divide el país. En la Región Oriental, la temperatura media anual oscila entre 21°C y 23°C. En la Región Occidental, la temperatura media anual es de 24°C. El promedio registrado de las precipitaciones es de 1.700 mm, en la Región Oriental y en cambio en la Occidental se hacen mínimas con 400 mm, en las proximidades de la frontera con Argentina y Bolivia (DGEEC, 2011).

Según Grassi et al. (2005), la Región Oriental, tiene un relieve ondulado y húmedo encontrándose confinada entre los ríos Paraguay y Paraná, posee una topografía accidentada con buen drenaje y un régimen pluviométrico creciente hacia el este y donde el clima varía desde el subhúmedo húmedo al húmedo, en la misma orientación, dando origen a las grandes selvas subtropicales de la cuenca Atlántica.

De acuerdo con esta clasificación Pasten et al. (2011), la Región Oriental queda definida con dos tipos de climas:

- Sábana tropical/Invierno Seco (Aw): comprende gran parte del departamento de Concepción y una pequeña porción del noroeste de San Pedro;
- Templado/Sin estación seca/Verano caliente (Cfa) comprende los departamentos de Amambay, Canindeyú, Central, Cordillera, Caaguazú, Alto Paraná, Paraguairí, Guairá, Ñeembucú, Misiones Itapúa y gran parte de San Pedro.

El resultado de la clasificación climática de Köppen, que puede observarse en la Figura abajo, determinó que en Paraguay existen tres tipos de climas: Sabana tropical con invierno seco (Aw), Semiárido (Estepa) cálido todo el año (Bsh) y clima templado, sin

estación seca y verano caliente (Cfa), éste es el predominante en gran parte de Paraguay (Pasten et al. 2011).

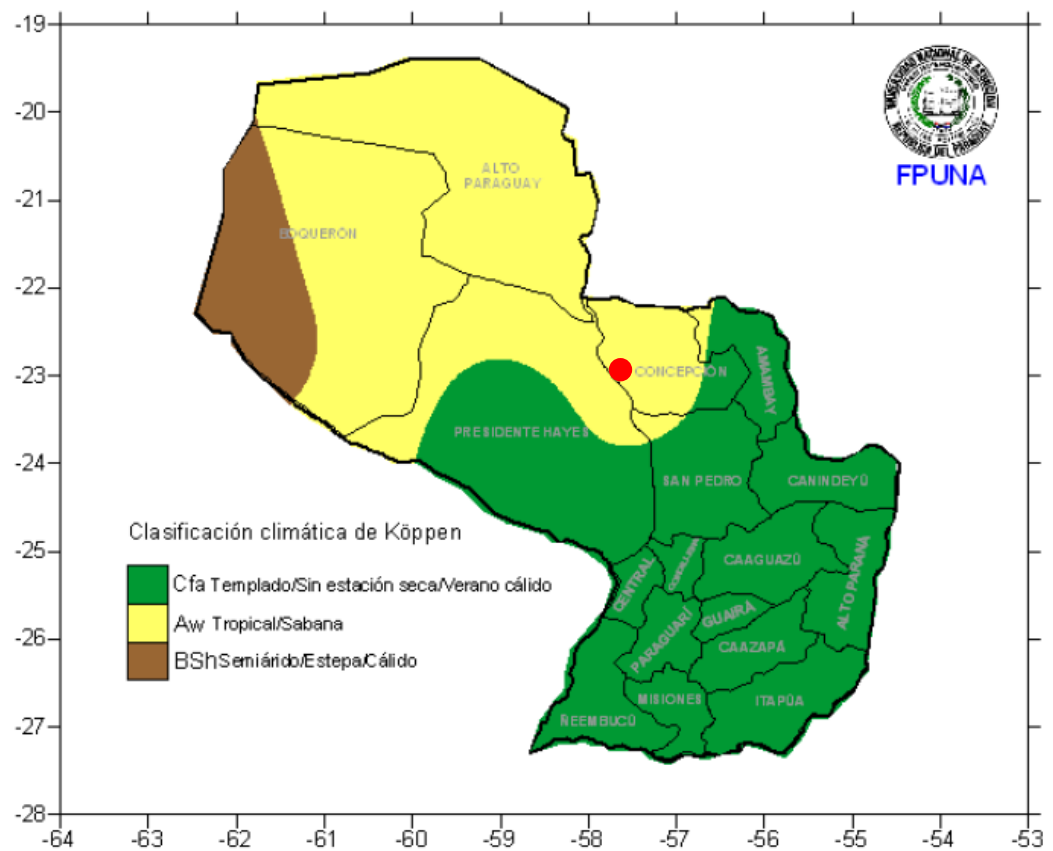


Figura 4 - Clasificación climática de Köppen (1971-2010). Fuente: Pasten et al. (2011)

En la Figura abajo se puede observar el resultado de la clasificación climática de Thornthwaite, donde se puede diferenciar perfectamente los 5 diferentes tipos de clima de Paraguay.

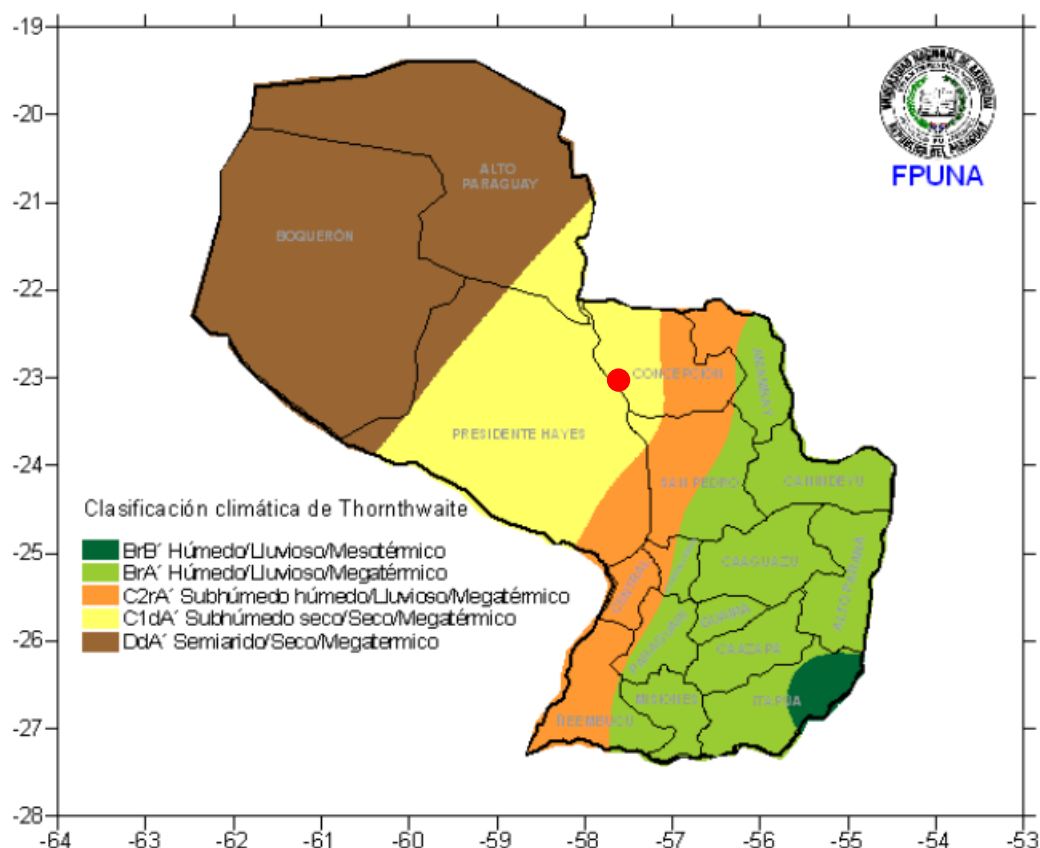


Figura 5 - Clasificación climática de Thornthwaite (1971-2010). Fuente: Pasten et al. (2011)

Conforme con Pasten et al. (2011), la Región Oriental queda definida con cuatro tipos de climas:

- Subhúmedo seco/seco/Megatérmico (C1dA'): comprende el oeste del departamento de Concepción y una pequeña porción del departamento de San Pedro.
- Subhúmedo húmedo/Lluvioso/Megatérmico (C2rA'): comprende el este de Concepción, una franja de San Pedro, departamento Central, oeste de Cordillera y el oeste de Ñeembucú.
- Húmedo/Lluvioso/Megatérmico (BrA'): comprende los departamentos de Canindeyú, Alto Paraná, Guairá, Caazapá, Misiones, este de Amambay, sureste de San Pedro, este de Cordillera, este de Ñeembucú y gran parte de Itapúa.
- Húmedo/Lluvioso/Mesotérmico (BrB'): comprende solo una pequeña parte de Itapúa.

9.2.1 Metodología

La caracterización climática de la región donde se encuentra la fábrica de pasta de papel consideró el análisis de los siguientes parámetros: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitaciones, radiación solar y balance hídrico.

La información meteorológica y climática presentada procede del Estudio Climatológico y Meteorológico, realizado por la Compañía “Catavento Ambientale Meteorologia e Meio Ambiente”, los datos fueron obtenidos por estaciones meteorológicas de superficie homologadas en la región de la empresa.

Los datos utilizados para el estudio del clima de la región se obtuvieron de la Base de Datos Integrada de Superficie (ISD), que se puede consultar en el sitio web del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA). Para el análisis de las condiciones climáticas de la región se eligieron cuatro estaciones meteorológicas de superficie que eran más representativas de la zona de la empresa, como se muestra a continuación.

- Puerto Casado (USAF:860860/ICAO:SGLV), distante 116 km al norte del emprendimiento, instalada en las coordenadas 22°16'58.80"S e 57°55'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).
- Pozo Colorado (USAF: 861280/ICAO: SGPC), distante 136 km al oeste del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 23°30'0.00"S e 58°46'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).
- San Pedro (USAF: 861850/ICAO: SGSP), distante 99 km al sur del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 24° 4'1.20"S e 57° 4'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).
- Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF: 861340/ICAO: SGCO), empleada como estación de referencia para la región, distante unos 21 km del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 23°26'31.20"S e 57°25'37.20"O. La serie de datos examinada es compuesta por 10 años (del 01/01/2010 al 31/12/2019).

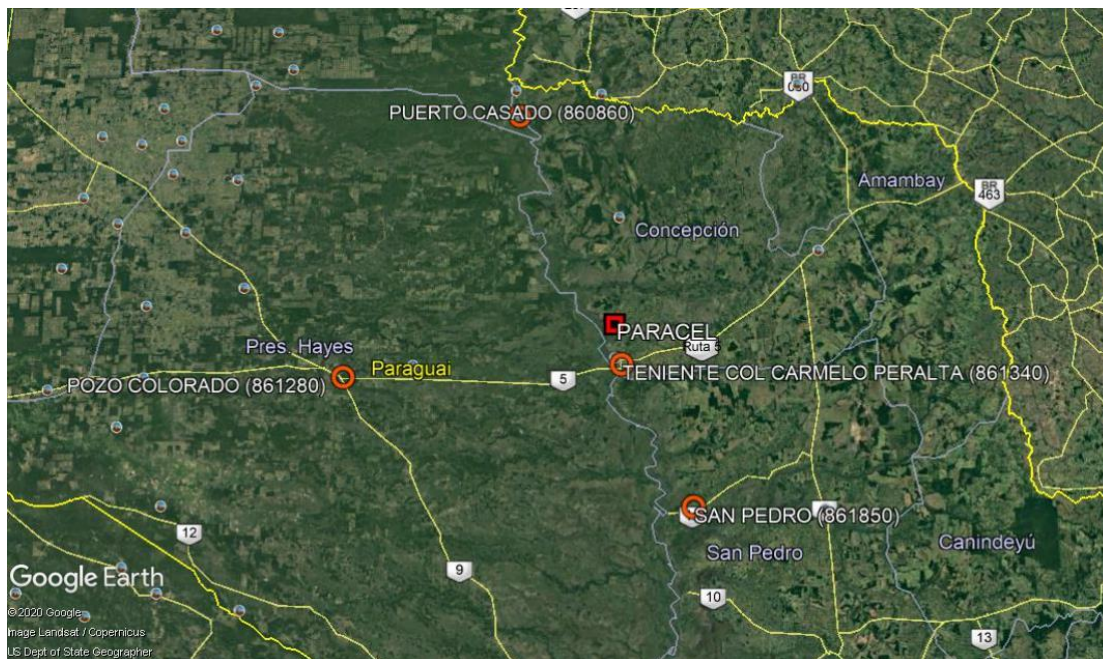


Figura 6 - Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas distantes del emprendimiento. Fuente: Google Earth, 2020.

9.2.2 Precipitación Pluvial

En la base de datos utilizada para el estudio no se dispone de datos sobre las precipitaciones. Por lo tanto, el estudio pluviométrico se realizó consultando la bibliografía con información de estudios anteriores de la región y del país.

La mayor parte de las precipitaciones del país son convectivas, producidas por tormentas aisladas o líneas de inestabilidad que son frecuentes en primavera y otoño. La precipitación media anual muestra una gran variación espacial. La mayor amplitud se da hacia el sur del país, variando zonalmente desde los 400 mm en el noroeste del Chaco hasta más de 1800 mm en la Región Oriental.

La cuenca del río Paraná es la más húmeda, con promedios anuales superiores a 1800 mm, mientras que la cuenca del río Paraguay recibe máximos de 1600 mm en la región oriental. Las precipitaciones también muestran una gran variabilidad estacional. Son más bajos en julio y agosto, y el promedio del mes menos lluvioso no suele alcanzar el 5% del total anual. Los mayores volúmenes de precipitaciones se producen durante los meses de octubre a abril y se registran generalmente en forma de tormentas o precipitaciones, como resultado de la inestabilidad atmosférica causada por el fuerte calentamiento de las capas inferiores de la atmósfera (Mayeregger y Romero 2017).

Las mayores tasas de precipitación en la región de Concepción se producen en el verano. El mes con las tasas más bajas es agosto, con un promedio de 28mm. En febrero y noviembre, las precipitaciones alcanzan sus niveles más altos, entre 128 y 152 mm en promedio. El promedio de precipitaciones anuales es de aproximadamente 1190 mm (<https://es.weatherspark.com/>).

9.2.3 Presión Atmosférica

En la estación de Puerto Casado (860860), ubicada a 116 km al norte de la fábrica de pasta de papel, la presión atmosférica varió entre 1.001,4 y 1.004,9 hPa, mientras que el promedio para el período de 2013 a 2019 fue de 1.002,9 hPa.

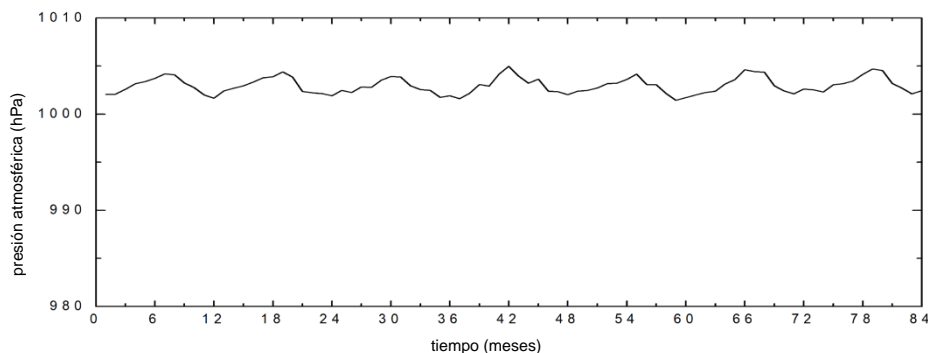


Figura 7 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Puerto Casado.

En la estación Pozo Colorado (861280), ubicada a una distancia de 136 km al oeste del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 999,4 y 1.002,7 hPa, en cuanto la media para el período del 2013 al 2019 fue de 1.000,8 hPa.

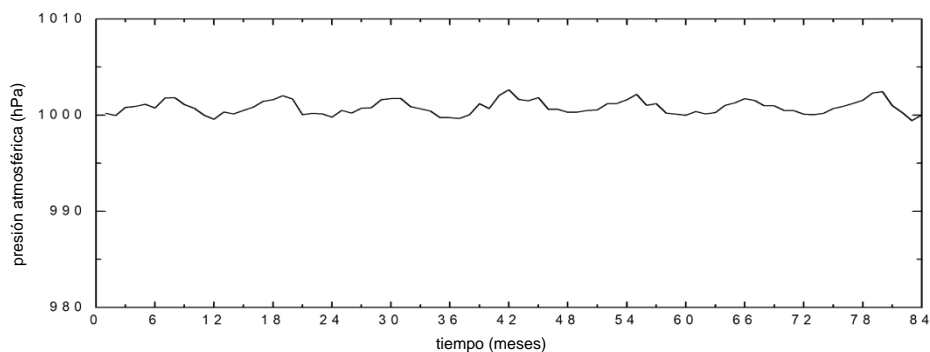


Figura 8 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Pozo Colorado.

En la estación San Pedro (861850), 99 km al sureste del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 1.002,1 y 1.005,5 hPa, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 1.003,6 hPa.

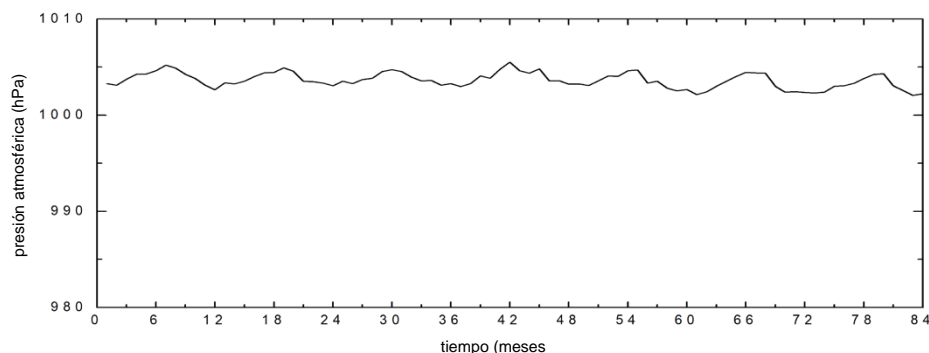


Figura 9 – Presión Atmosférica mensual media en la estación San Pedro.

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta (861340), distante a 21km del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 1.001,5 y 1.007,5 hPa, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 1.003,9 hPa.

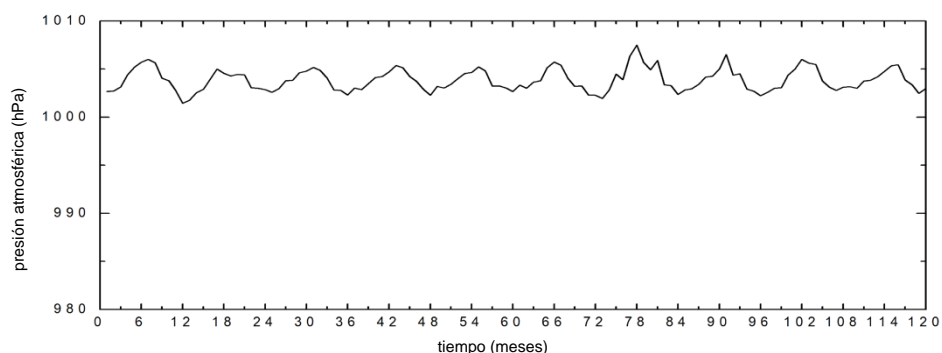


Figura 10 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.

Aunque las cuatro estaciones meteorológicas cubren una zona relativamente grande y están separadas por distancias considerables, el comportamiento de la presión atmosférica fue similar en todas las estaciones y el promedio de la región fue de 1.002,8hPa.

9.2.4 Temperatura del Aire

Em la estación Puerto Casado, la temperatura media mensual varió entre 16,9°C y 31°C, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 25,7°C.

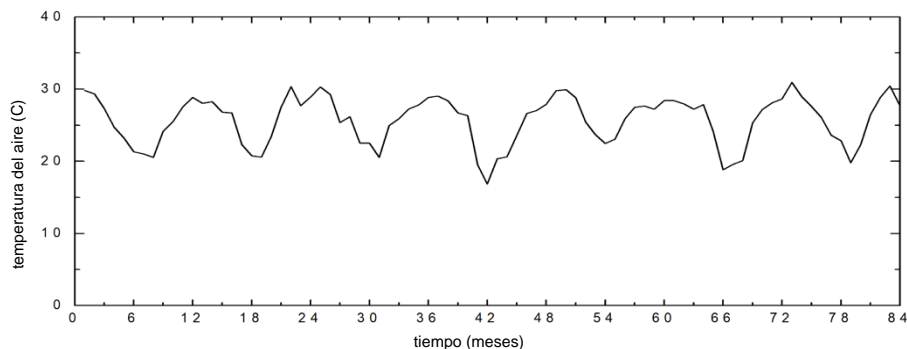


Figura 11 – Temperatura mensual media en la estación Puerto Casado.

En la estación Pozo Colorado, la temperatura media mensual varió entre 15,5°C y 31,2°C, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 24,7°C.

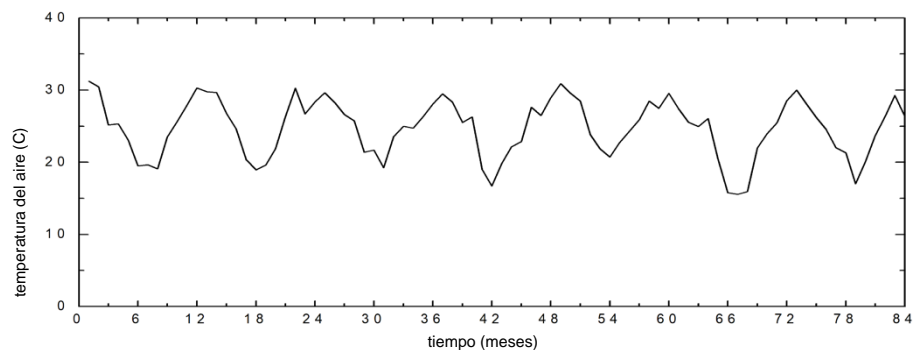


Figura 12 – Temperatura mensual media en la estación Pozo Colorado.

En la estación San Pedro, la temperatura media mensual varió entre 16,5°C y 30,5°C, en cuanto la media climatológica para el período de 2013 a 2019 fue de 24,1°C.

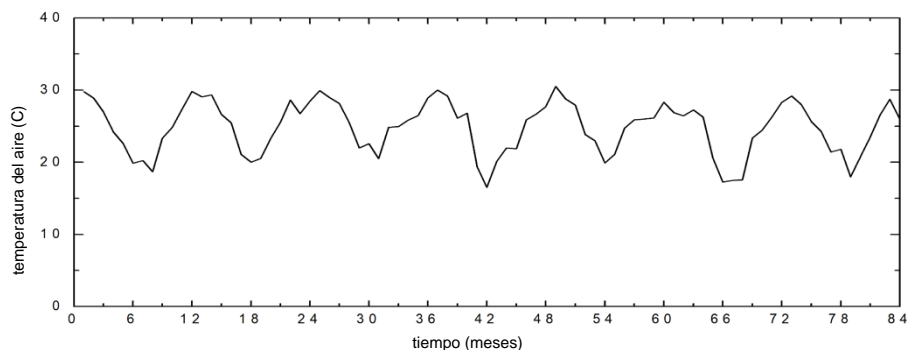


Figura 13 – Temperatura mensual media en la estación San Pedro.

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la temperatura media mensual varió entre 15,5°C y 29,6°C, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 24,3°C.

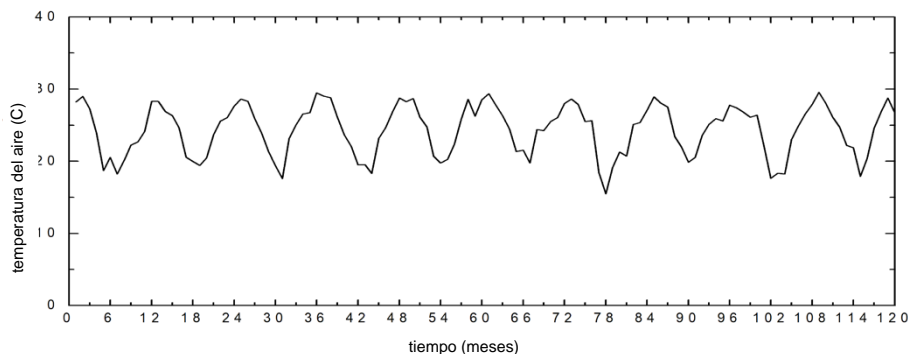


Figura 14 – Temperatura mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.

La temperatura del aire en la región se define por el efecto de la continentalidad y la homogeneidad topográfica, presentando una gran amplitud. En verano, por ser una región tropical, las temperaturas máximas pueden pasar de 30°C, y en invierno se pueden registrar fenómenos de heladas como consecuencia de la entrada de frentes fríos.

Las temperaturas medias son muy similares en todas las estaciones meteorológicas, desde el 24.1°C en la estación de San Pedro, que está más al sur, hasta el 25.7°C en la estación de Puerto Casado, situada más al norte. En la gran región analizada, la temperatura media fue de 24.7°C.

9.2.5 Humedad Relativa

En la estación Puerto Casado, la humedad relativa mensual varió entre 46,7% y 79,6%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 63%.

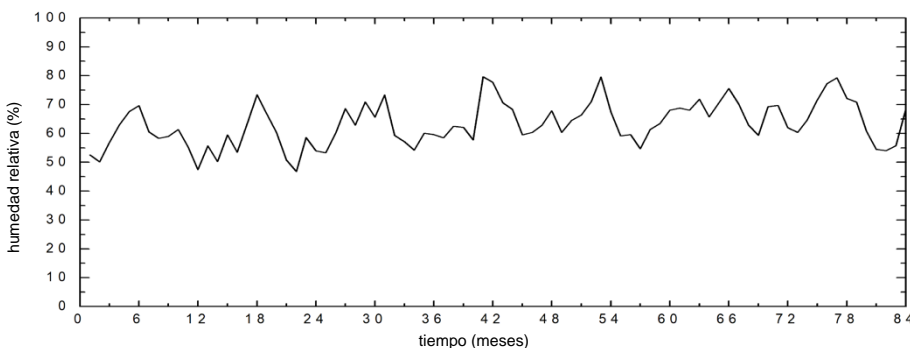


Figura 15 – Humedad Relativa mensual media en la estación Puerto Casado.

En la estación Pozo Colorado, la humedad relativa mensual varió entre 51,7% y 83,6%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 70,2%.

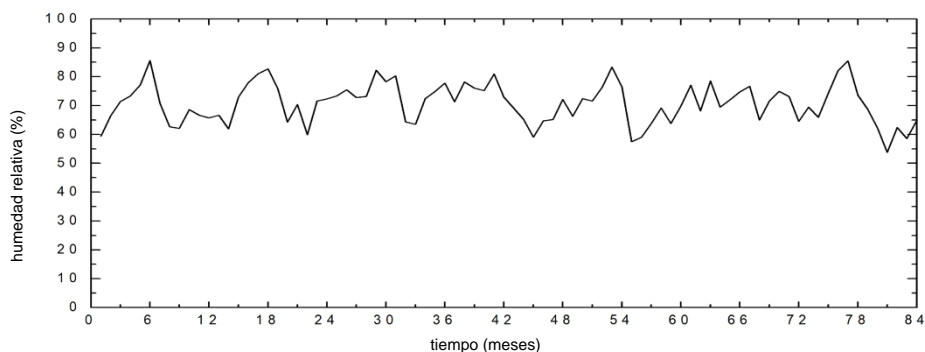


Figura 16 – Humedad Relativa mensual media en la estación Pozo Colorado.

En la estación San Pedro, la humedad relativa mensual varió entre 56,1% y 85,4%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 70,5%.

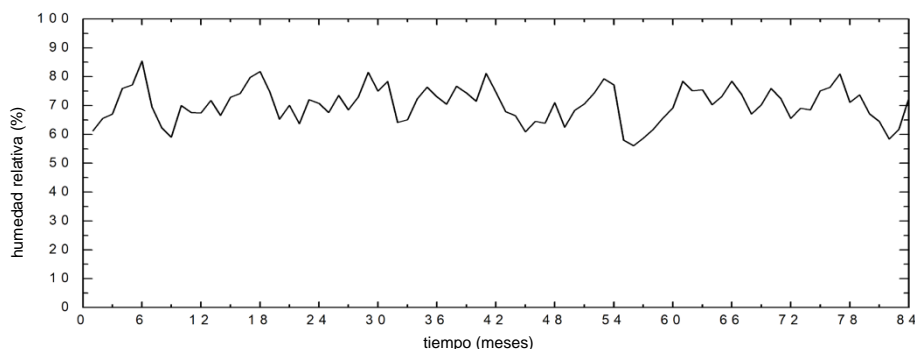


Figura 17 – Humedad Relativa mensual media en la estación San Pedro.

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la humedad relativa mensual varió entre 51,4% y 85,5%, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 70,9%.

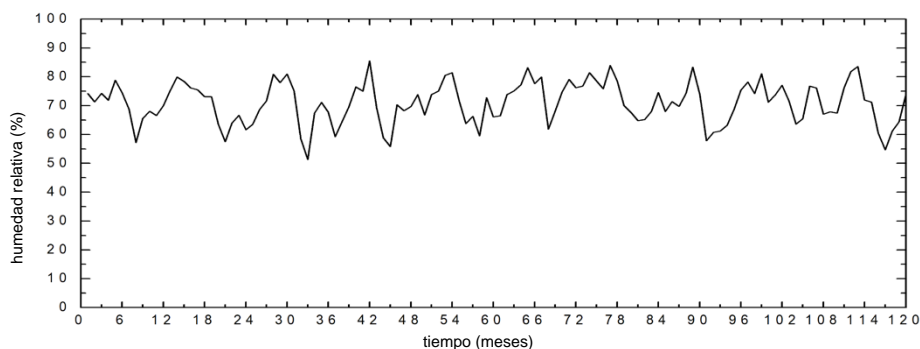


Figura 18 – Humedad Relativa mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.

La humedad relativa en la estación de Puerto Casado, al norte de la futura fábrica de PARACEL, tiene una humedad relativa media del 63%. Las demás regiones presentaron valores entre el 70,2% y el 70,9%, siendo el valor más alto el de la estación del Teniente Coronel Carmelo Peralta. Esta diferencia se debe a la variabilidad de las precipitaciones entre las regiones.

9.2.6 Viento

En la estación Puerto Casado, la velocidad promedio mensual del viento varió entre 0,76 y 2,49 m/s, en cuanto la media para el periodo de 2013 al 2019 fue de 1,47 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos obtenidos en la estación Puerto Casado prueba la predominancia de vientos del sur y del de norte.

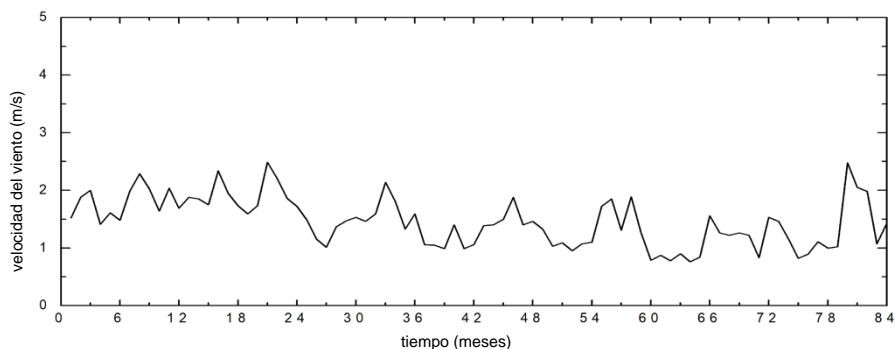


Figura 19 – Velocidad Media del viento en la estación Puerto Casado.

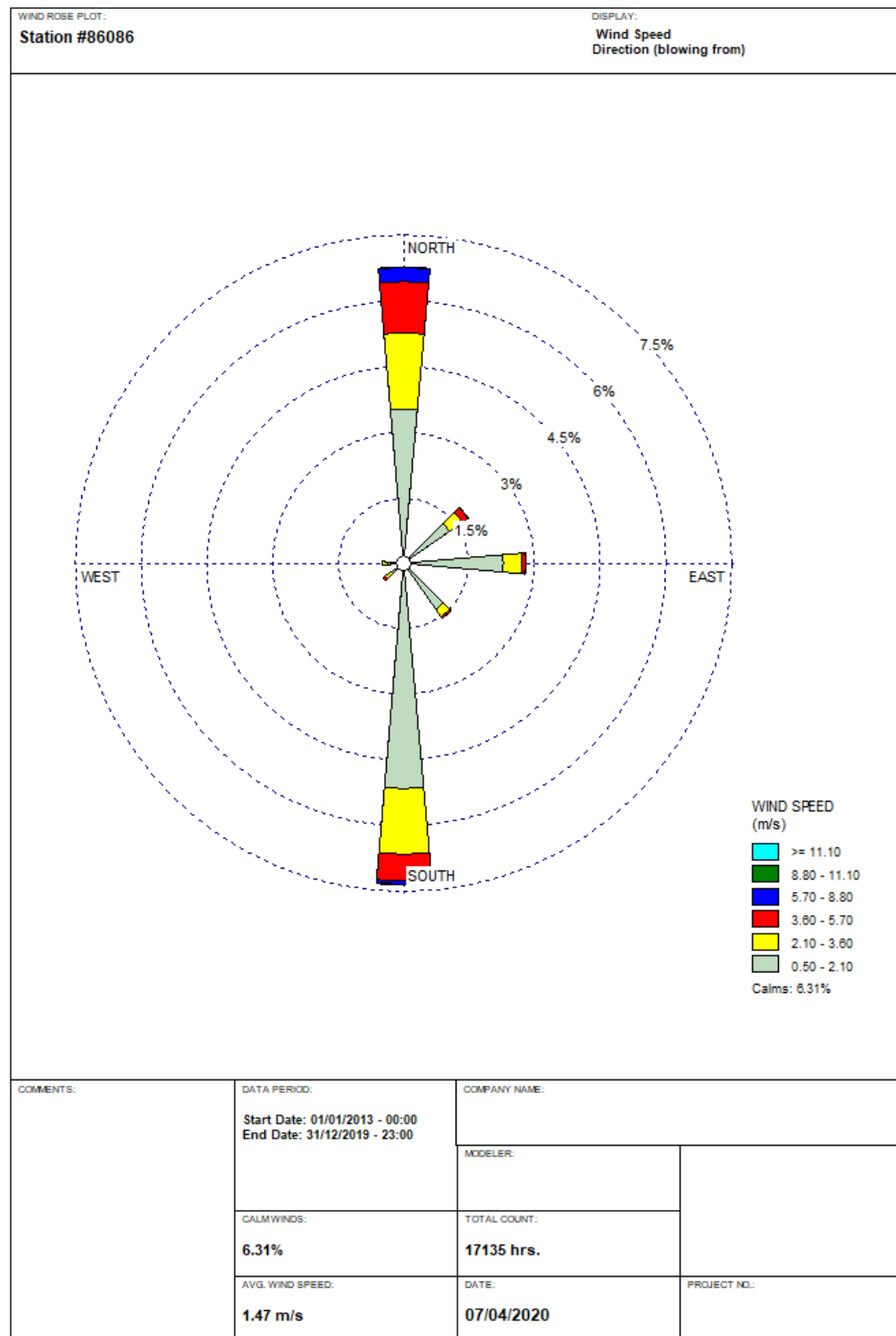


Figura 20 – Rosa de los vientos observada en la estación Puerto Casado.

En la estación Pozo Colorado, la velocidad media mensual del viento varió entre 0,7 y 5,0 m/s, en cuanto la media para el periodo de 2013 a 2019 fue de 2,5 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación Pozo Colorado prueba la predominancia de los vientos del sur y del norte, y con importantes componentes del noreste y del este.

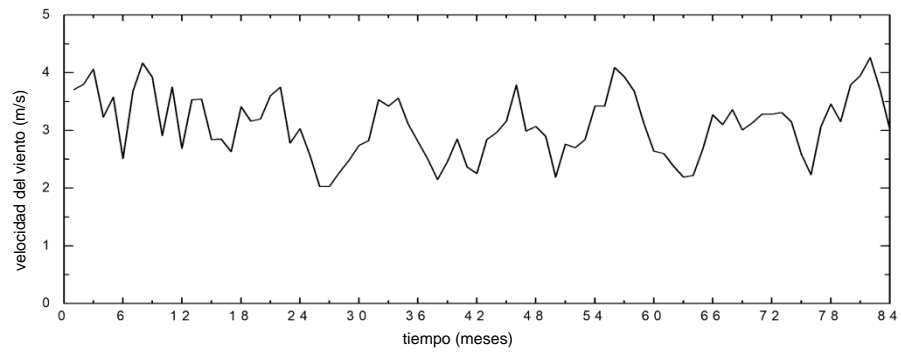


Figura 21 – Velocidad Media del viento en la estación Pozo Colorado.

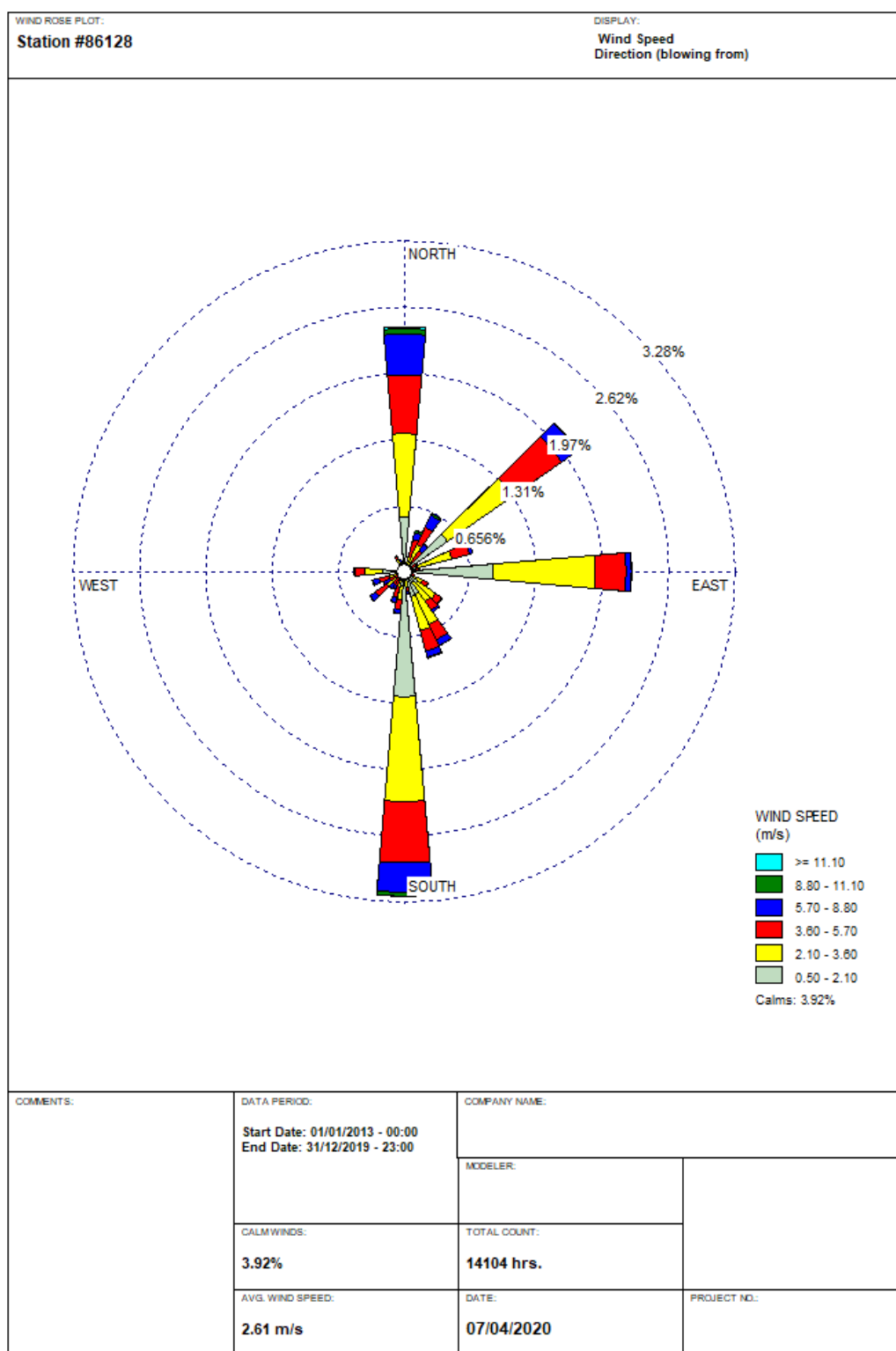


Figura 22 – Rosa de los vientos observada en la estación Pozo Colorado.

En la estación San Pedro, la velocidad media mensual del viento varió entre 0,5 y 3,7 m/s, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 1,9 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación San Pedro prueba la predominancia dos vientos del sur y del norte, seguidos por vientos del este.

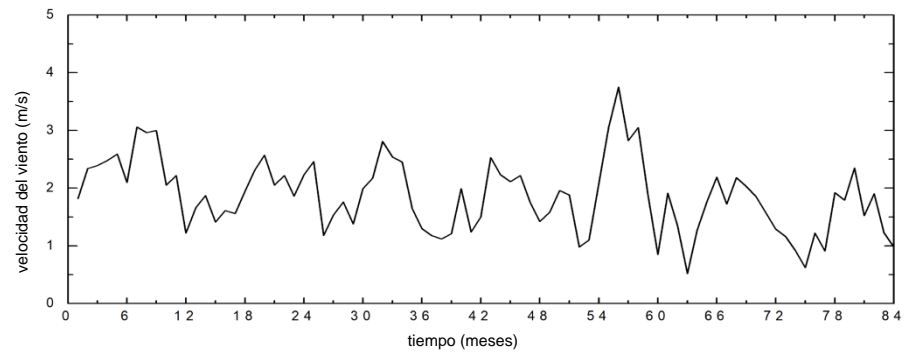


Figura 23 – Velocidad Media del viento en la estación San Pedro.

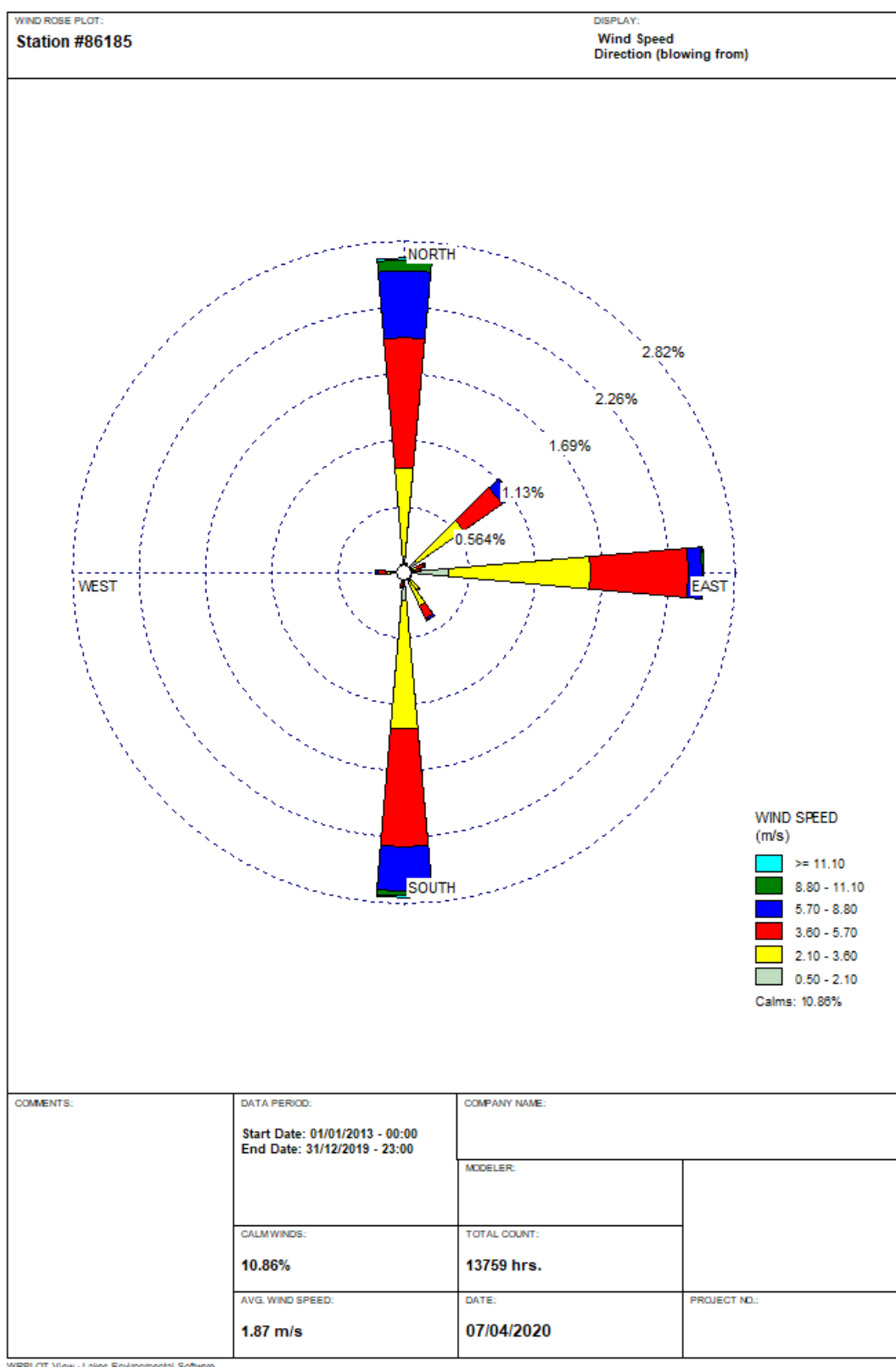


Figura 24 – Rosa de los vientos observada en la estación San Pedro.

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la velocidad media mensual del viento varió entre 1,8 y 4,9 m/s, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 3,2 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta prueba la predominancia dos vientos del sur, seguidos de nordeste y este, y con componente menos importante del sudeste.

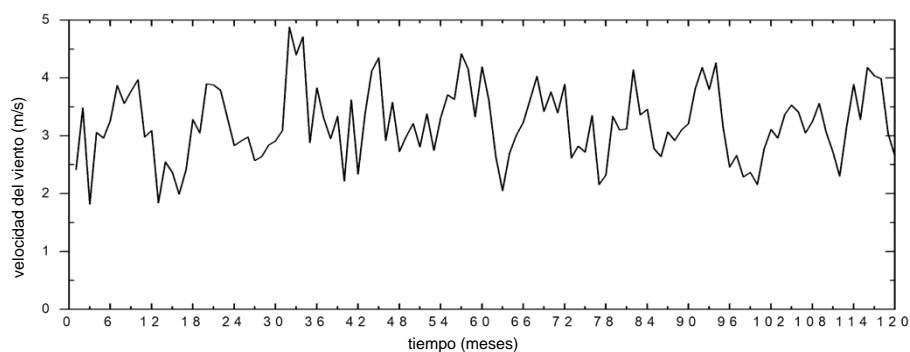


Figura 25 – Velocidad Media del viento en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.

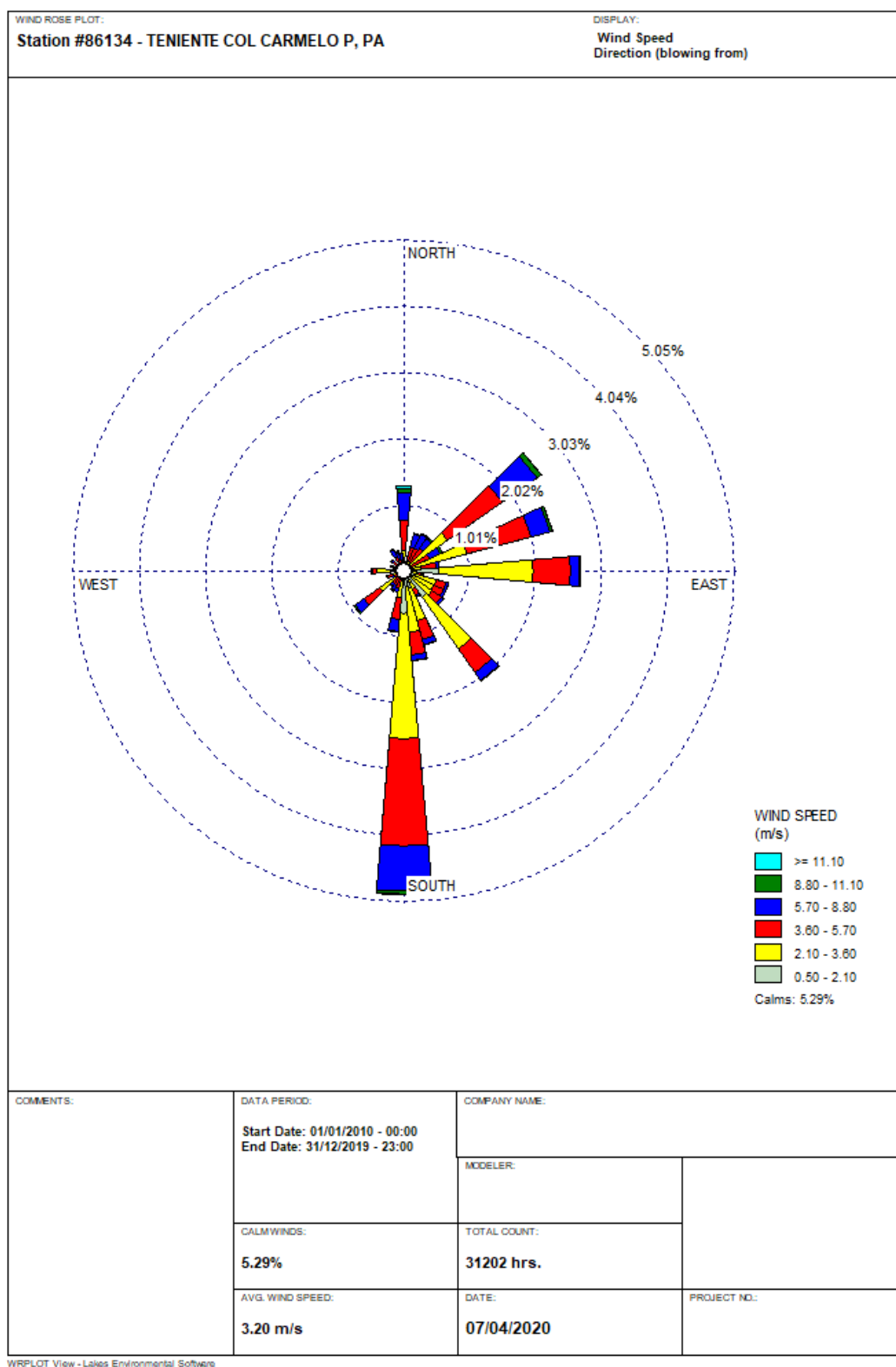


Figura 26 – Rosa de los vientos observada en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.

Las intensidades de los vientos en todas las regiones son muy similares y pueden clasificarse como vientos débiles, entre 1,4 y 3,2 m/s. Las mayores velocidades del viento se midieron en la estación del Teniente Coronel Carmelo Peralta. Las direcciones de los vientos predominantes son norte y sur, seguidas por los vientos del noreste y este.

9.3 Calidad del Aire

Este artículo presenta los resultados del informe de Monitoreo de Calidad del Aire de la fábrica de celulosa de PARACEL en el Municipio de Concepción, Departamento de Concepción, Paraguay.

El monitoreo tiene el objetivo de verificar la calidad del aire, antes de la implantación y operación de la fábrica de celulosa (*background*).

El monitoreo de la calidad del aire se llevó a cabo a través de 2 campañas, la primera en el período del 25 de septiembre al 16 y octubre de 2019, y la segunda en el período del 12 de febrero al 4 de marzo de 2020.

Este informe usó para su elaboración la Resolución SEAM n.º 259/2015 por la cual se establece el patrón de calidad del aire.

9.3.1.1 Locales de recolección

Se definieron 3 puntos distintos para evaluar la calidad del aire en la región donde está instalada la fábrica de PARACEL, que son:

- Punto 01 – SENACSA/ Comisión Departamental de Salud Animal
Dirección: Calle Gral. Díaz c/ Rufino Spika – Concepción/Paraguay
Coordenadas: UTM 21K 0454572 - 7410810
- Punto 02 – Municipalidad de Loreto/ Paraguay
Dirección: Av. Eusebio Ayala Y Centro Corá – Loreto/Paraguay
Coordenadas: UTM 21K 0466753 - 7426022
- Punto 03 – Puesto Policial Nacional – Comisaría n°18 Col. Roberto L. Petit
Dirección: Puesto Policial Nacional – Comisaría n°18 – Col. Roberto L. Petit – Concepción/Paraguay
Coordenadas: UTM 21K 0457325 – 7434506

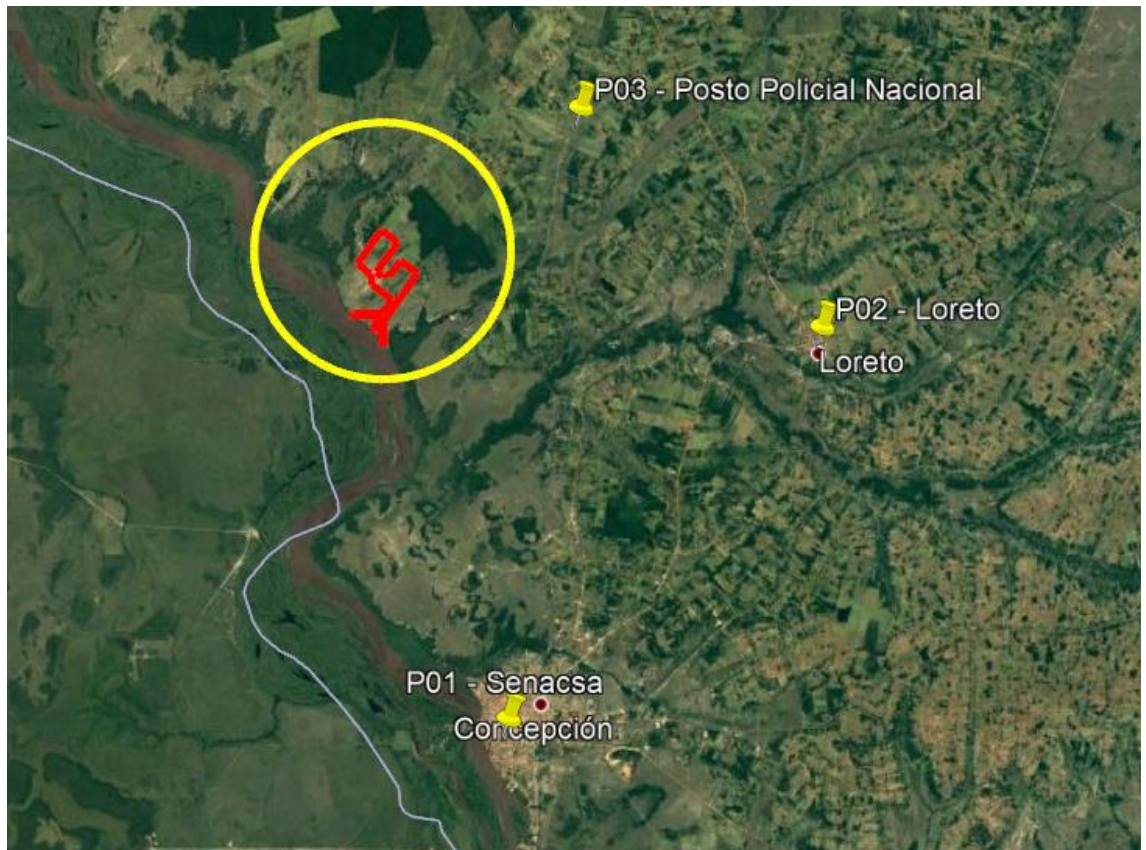


Figura 27 – Ubicación de los puntos de monitoreo de las campañas. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)



Figura 28 – Punto P01. Fuente: Geoavaliar (2020)



Figura 29 – Punto P02. Fuente: Geoavaliar (2020)



Figura 30 – Punto P03. Fuente: Geoavaliar (2020)

9.3.1.2 Parámetros

Para verificar las condiciones actuales del aire, se consideró los parámetros: Partículas Suspendidas Totales (PTS), Partículas Inhalables (PI - PM_{10}), Partículas Respirables (PR - $PM_{2,5}$), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2), Azufre Reducido

Total (TRS en inglés), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

9.3.1.3 Metodología

Los muestreos fueron realizados en 3 puntos, siendo que 7 colectas ocurrieron en cada uno de los locales (puntos) de muestreo, con una duración aproximada de 24 horas para los parámetros Partículas Suspensas Totales (PTS), Partículas Inhalables (PI - PM₁₀), Partículas Respirables (PR - PM_{2.5}), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Dióxido de Azufre (SO₂), Ozono (O₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S); aproximadamente 1 hora para los parámetros Azufre Reducido Total (TRS en inglés) y Monóxido de Carbono (CO); 20 minutos para los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Las referencias de las metodologías utilizadas se presentan a continuación.

- 40 CFR Appendix B to Part 50 - Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method)
- 40 CFR Appendix J to Part 50 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM₁₀ in the Atmosphere
- 40 CFR Appendix L to Part 50 - Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM_{2.5} in the Atmosphere
- ISO 4220:1983 - Ambient air — Determination of a gaseous acid air pollution index — Titrimetric method with indicator or potentiometric end-point detection
- US EPA METHOD N° QN 1277:1977 - Sodium Arsenite Method for the Determination of Nitrogen Dioxide in the Atmosphere
- EQOA-0206-148 - Environnement S.A Model O342M UV Photometric Ozone Analyzer
- US EPA EMC Conditional Test Method (CTM-030) - Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers
- US EPA Method 16A - Total Reduced Sulfur – Impinger – Método Adaptado para el Monitoreo de la Calidad del Aire
- US EPA Method 11 — Determination Of Hydrogen Sulfide Content Of Fuel Gas Streams In Petroleum Refineries – Método Adaptado para Monitoreo de la Calidad del Aire
- US EPA Method 18 - Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography

Con el fin de comparar y estudiar los resultados, se adoptaron los límites descritos en la Resolución SEAM N° 259 del 3/7/2015 y los límites de los estándares de calidad del aire presentados por la Agencia de Protección Ambiental US EPA - Environmental Protection Agency.

9.3.1.4 Resultados

Los resultados de medición están presentados en el cuadro siguiente.

Tabla 1 – Resultados de la primera campaña de calidad del aire

Resultados del Análisis																					
Concentración de Setiembre - Octubre /2019																					
Estación de Monitoreo	Colecta	Resultado del Monitoreo										En acuerdo con la Resolución SEAM n° 259 del 3 de julio de 2015 (µg/m3)									
		PTS (MP)	PI (PM10)	PI (PM2,5)	SO ₂	NO ₂	VOC	O ₃	CO	TRS	H ₂ S	PTS	PI (PM10)	PI (PM2,5)	SO ₂	NO ₂	VOC	O ₃	CO	TRS	H ₂ S
		µg/m ³ (24 horas)	µg/m ³ (24 horas)	µg/m ³ (24 horas)	µg/m ³ (24 horas)	µg/m ³ (1 hora)	µg/m ³ (20 minutos)	µg/m ³ (8 horas)	µg/m ³ (8 horas)	µg/m ³ (1 hora)	µg/m ³ (24 horas)										
Punto 01 - Senacsa/ Comisión Departamental de Salud Animal	1ª	69,37	42,39	31,96	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		150	30	20	200		120	10	6,55	6,55
	2ª	136,99	70,90	56,31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	3ª	201,09	93,51	65,84	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	4ª	150,55	78,23	58,41	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	5ª	113,27	53,59	42,82	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	6ª	130,91	64,34	52,52	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	7ª	178,64	63,88	50,36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
Punto 02 - De Municipalidad de Loreto/ Paraguay	1ª	55,11	32,91	28,36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	2ª	66,04	37,92	30,49	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	3ª	64,06	31,36	27,99	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	4ª	8,36	5,40	4,72	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	5ª	23,00	11,72	9,10	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	6ª	36,15	20,27	16,49	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	7ª	38,72	21,79	18,52	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
Punto 03 - Posto Policial Nacional - Comsaria n°18 Col. Roberto L. Petit	1ª	54,55	29,33	21,27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	2ª	32,05	20,30	14,26	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	98,98										
	3ª	34,87	26,89	16,30	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	98,68										
	4ª	40,75	27,70	18,48	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.										
	5ª	35,89	25,65	16,12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	99,06										
	6ª	23,87	17,01	11,43	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	100,49										
	7ª	16,96	7,39	5,45	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	25,14										

Tabla 2 – Resultados de la segunda campaña de calidad del aire

Resultados del Análisis																						
Concentraciones de Febrero-Marzo/2020																						
Estación de Monitoreo	Colecta	Resultado del Monitoreo										En acuerdo con la Resolución SEAM nº 259 del 3 de julio de 2015 (µg/m3)										CETESB
		PTS (MP)	PI (PM10)	PI (PM2,5)	SO ₂	NO ₂	VOC	O ₃	CO	TRS	H ₂ S	PTS	PI (PM10)	PI (PM2,5)	SO ₂	NO ₂	VOC	O ₃	CO	TRS	H ₂ S	
		µg/ m ³ (24 horas)	µg/ m ³ (24 horas)	µg/ m ³ (24 horas)	µg/ m ³ (24 horas)	µg/ m ³ (1 hora)	µg/ m ³ (20 minutos)	µg/ m ³ (8 horas)	µg/ m ³ (8 horas)	µg/ m ³ (1 hora)	µg/ m ³ (24 horas)											
Punto 01 - Senacsa/ Comisión Departamental de Salud Animal	1ª	59,93	34,35	23,95	17,63	1,09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		150	30	20	200	20	120	10	6,55	6,55	
	2ª	64,74	32,77	25,38	19,48	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	3ª	53,56	34,77	21,81	16,82	N.D.	0,18	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	4ª	48,89	29,94	19,18	13,28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	5ª	49,91	27,52	16,79	12,46	N.D.	0,11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	6ª	70,10	36,31	23,16	14,14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	7ª	56,08	30,55	17,31	11,94	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
Punto 02 - De Municipalidad de Loreto/ Paraguay	1ª	42,31	25,48	19,54	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	2ª	70,43	38,33	29,94	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	3ª	67,22	27,47	30,34	N.D.	N.D.	0,15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	4ª	76,89	43,09	35,94	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	5ª	40,11	26,30	20,66	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	6ª	59,36	26,96	20,74	N.D.	N.D.	0,38	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	7ª	60,93	30,70	23,28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
Punto 03 - Estación de Policía Nacional- Comisaría nº18 Col. Roberto L. Petit	1ª	107,18	38,13	27,37	N.D.	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	2ª	83,68	29,73	20,09	N.D.	N.D.	0,21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	3ª	165,03	58,49	44,16	N.D.	N.D.	0,18	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	4ª	103,01	42,58	25,62	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	5ª	133,13	49,92	27,51	N.D.	N.D.	0,18	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	6ª	74,95	31,48	19,22	N.D.	N.D.	0,24	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											
	7ª	132,30	45,49	26,11	N.D.	N.D.	0,15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.											

Nota 1. Límite establecido por medio de la Resolución SEAM 259/2015

Nota 2. No Existe límite en establecido en la Resolución SEAM 259/2015 para Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Asimismo, empleose el límite de exposición fijados por base horaria (TWA) por la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)" para Tolueno, el COV identificado en el análisis.

Nota 3. No existe límite para comparación fijados por la Resolución SEAM n 259/2015, para los parámetros TRS e H₂S. Asimismo, se empleo el límite de percepción del olor para H₂S presente en la FISPQ del producto.

PTS - Partículas Totales en Suspensión

Considerando la Resolución n. 259/2015, no hay límite para Partículas Totales en Suspensión (PTS), estando por lo tanto en cargo del órgano ambiental la interpretación de los resultados reportados.

Partículas Inhalables (PI - PM_{10})

Considerando el límite establecido por la Resolución n. 259/2015, cuya concentración máxima de 24 horas permitida de Partículas Inhalables (PM_{10}) es de $150 \mu g/m^3$, después de compararse los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo, se confirmó que en el periodo monitoreado todas las recogidas de datos se mostraron debajo del límite establecido en la normativa.

Partículas Respirables (PR - $PM_{2,5}$)

Considerando el límite establecido en la Resolución n. 259/2015, cuya concentración máxima en el periodo de 24 horas de Partículas Respirables ($PM_{2,5}$) es $30 \mu g/m^3$, después de compararse los datos obtenidos en las dos campañas de monitoreo, se reveló que todas las recogidas del Punto 01, y una recogida del Punto 02, presentaron concentración arriba de la normativa. Es posible que sea material asociado a resuspensión de particulado originado de las carreteras sin pavimento y emisión de vehículos movidos con combustible diésel. Otros datos obtenidos presentaron concentración inferior al límite establecido por la referida resolución en el periodo de monitoreo.

Según GEOAVALIAR, la diferencia observada en los locales tiene origen en circunstancias en el entorno del Punto 01, en Concepción, Paraguay. Ese punto de monitoreo tiene vías públicas no pavimentadas y en gran parte son vehículos con combustible a diésel. Así, el fenómeno de resuspensión de particulados y las emisiones de los vehículos contribuyen por la adición en los análisis ejecutados, una vez que los puntos 02 y 03 están ubicados respectivamente en una pequeña jurisdicción y zona rural y muestran poca o ninguna influencia en los fenómenos verificados.

SO₂ - Dióxido de Azufre

Considerando el límite establecido por la Resolución n. 259/2015, y la concentración máxima de 24 horas permitida de Dióxido de Azufre (SO₂) de $20 \mu g/m^3$, después de compararse los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo se verificó la concentración abajo del límite normativo, porque no fue detectado.

NO₂ - Dióxido de Nitrógeno

Considerando el límite establecido por la Resolución n. 259/2015, y la concentración máxima de 1 (una) hora permitida de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) de $200 \mu g/m^3$, después de compararse los datos obtenidos en las dos campañas de monitoreo, se verificó que todos datos recogidos se presentaron bajo del límite, una vez que no fue detectado el parámetro.

O₃ – Ozono Troposférico

Se verifica que los datos obtenidos en las dos campañas de monitoreo presentaron datos abajo del límite establecido en la Resolución n. 259/2015 cuya concentración promedio de 8 (ocho) horas es $120 \mu g/m^3$.

CO – Monóxido de carbono

Los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo estuvieron abajo del límite establecido por la Resolución n. 259/2015, cuya concentración promedio de 8 (ocho) horas es de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

H₂S – Sulfuro de Hidrógeno y Azufre reducido total

En la literatura técnica no hay referencia para límites de emisión para estos parámetros. Por lo tanto, el órgano de control deberá establecer comparación entre los datos obtenidos y la normativa ambiental internacional.

Según Geoavaliar, en Punto 03 de la primera campaña, se verificó posibles fuentes de emisión del contaminante sulfuro de hidrógeno a través de lagunas y pozos del agua conteniendo vegetación en proceso de eutrofización y putrefacción en localidad próxima a los equipos y dispositivos de monitoreo. Desde esa consideración logramos atribuir la emisión de sulfuro de hidrógeno originado del proceso de Digestión Anaerobia (proceso de conversión de la materia orgánica en condiciones de ausencia del oxígeno), son empleados aceptadores de electrones inorgánicos como el NO₃ (reducción del Nitrato), SO₄ (reducción del Sulfato) o formación de metano (CH₄). La digestión anaerobia puede ser considerada como un ecosistema de diversos grupos de los microorganismos que están en interacción para conversión de la materia orgánica compleja en Metano, gas carbónico, agua, gas de sulfuro de hidrógeno y amoníaco, y otras nuevas células bacterianas. Se resalta que los resultados obtenidos están expresados en microgramos por metro cúbico del aire recogido, y cualquier fuente de contribución en la proximidad es capaz de alterar significativamente los resultados.

En la segunda campaña, se observó que los contaminantes Sulfuro de Hidrógeno y Azufre Reducido Total están abajo del límite de percepción de olor por la FISPQ del H₂S ($6,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

COV – Compuestos Orgánicos Volátiles

Se verifica que los resultados obtenidos se presentan significativamente por debajo a lo establecido por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, en inglés) para un valor promedio diario para exposición a Tolueno el cuál es 20 ppm. El valor comparativo fue adoptado una vez que la Resolución n.º 259/2015 no establece estándar para ese contaminante.

9.4

Ruidos

Este artículo presenta los resultados del Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental para el área circundante a la fábrica de celulosa de PARACEL en Concepción - Paraguay, y tiene como finalidad verificar el nivel de presión sonora ambiental presente en el área, previo a la implementación y operación de la planta (niveles de *background*).

El trabajo de investigación (en campo) para medir los niveles de presión sonora del ambiente fue ejecutado por el equipo de Pöyry Tecnología en los días 24 y 25 de octubre de 2019.

Se midieron los niveles de presión sonora ambiental en 05 puntos diferentes en el período diurno y nocturno, totalizando 10 mediciones. Los valores obtenidos se compararon con los límites establecidos por la Ley de Prevención de la Contaminación Sonora (Ley 1.100/97).

El texto completo del Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental se encuentra en el VOLUMEN IV – Informe de Monitoreo de Ruidos.

9.4.1 Las Leyes Aplicables

La Ley n° 1,100/1997 tiene por objeto prevenir la contaminación acústica en las vías públicas, plazas, parques, aceras, salas de exposiciones, centros de reunión, clubes deportivos y sociales y en todas las actividades públicas y privadas que produzcan contaminación acústica en el Paraguay.

En el artículo 9 de la referida Ley se establecen los límites de ruido, según el tipo de ambiente, tal como se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla 3 – Límites de ruidos establecido por la Ley n° 1.100/97 (en decibelios “A” dB (A))

Ambiente	Nocturno (20:00 – 07:00)	Diurno (07:00 – 20:00)	Diurno (Pico Ocasional) (07:00 – 12:00 / 14:00 – 19:00)
Áreas residenciales, de uso específico, espacios públicos: áreas de esparcimiento, parques, plazas y vías públicas	45	60	80
Áreas mixtas, zonas de transición, de centro urbano, de programas específicos, zonas de servicios y edificios públicos	55	70	85
Área Industrial	60	75	90

El artículo 9 citado define:

- Picos ocasionales: ruidos y sonidos discontinuos que superan los niveles permitidos y que se producen ocasionalmente durante el día, con un máximo de veinte picos por hora. Este nivel de ruido y sonido sólo se permitirá en los siguientes horarios: de 7:00 a 12:00 y de 14:00 a 19:00;
- Las áreas residenciales, mixtas e industriales son las que estarán definidas en el plan regulador de cada Municipalidad con sus características y actividades establecidas.

9.4.2 Locales de medición

Para definir los puntos de medición, se consideró el área alrededor de la fábrica de celulosa de PARACEL, previamente a la implementación y operación (*background*).

En total se definieron 05 (cinco) puntos diferentes para la medición del nivel de presión sonora en el ambiente, en los períodos diurno y nocturno, totalizando 10 mediciones, como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4 – Localización de los puntos de medición del nivel de presión sonora ambiente

Punto	Local	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
NO01	Cerrito	23°15'4.62"S	57°29'36.53"O
NO02	Horno Carbón	23°13'31.85"S	57°29'33.20"O
NO03	Policía Laguna	23°12'4.55"S	57°27'20.60"O
NO04	Pyrendá	23°14'23.26"S	57°26'19.28"O
NO05	San Miguel	23°16'27.03"S	57°27'25.65"O

La siguiente figura muestra el mapa con la ubicación de los 05 puntos de medición, mientras que las otras figuras muestran imágenes de cada punto de medición.

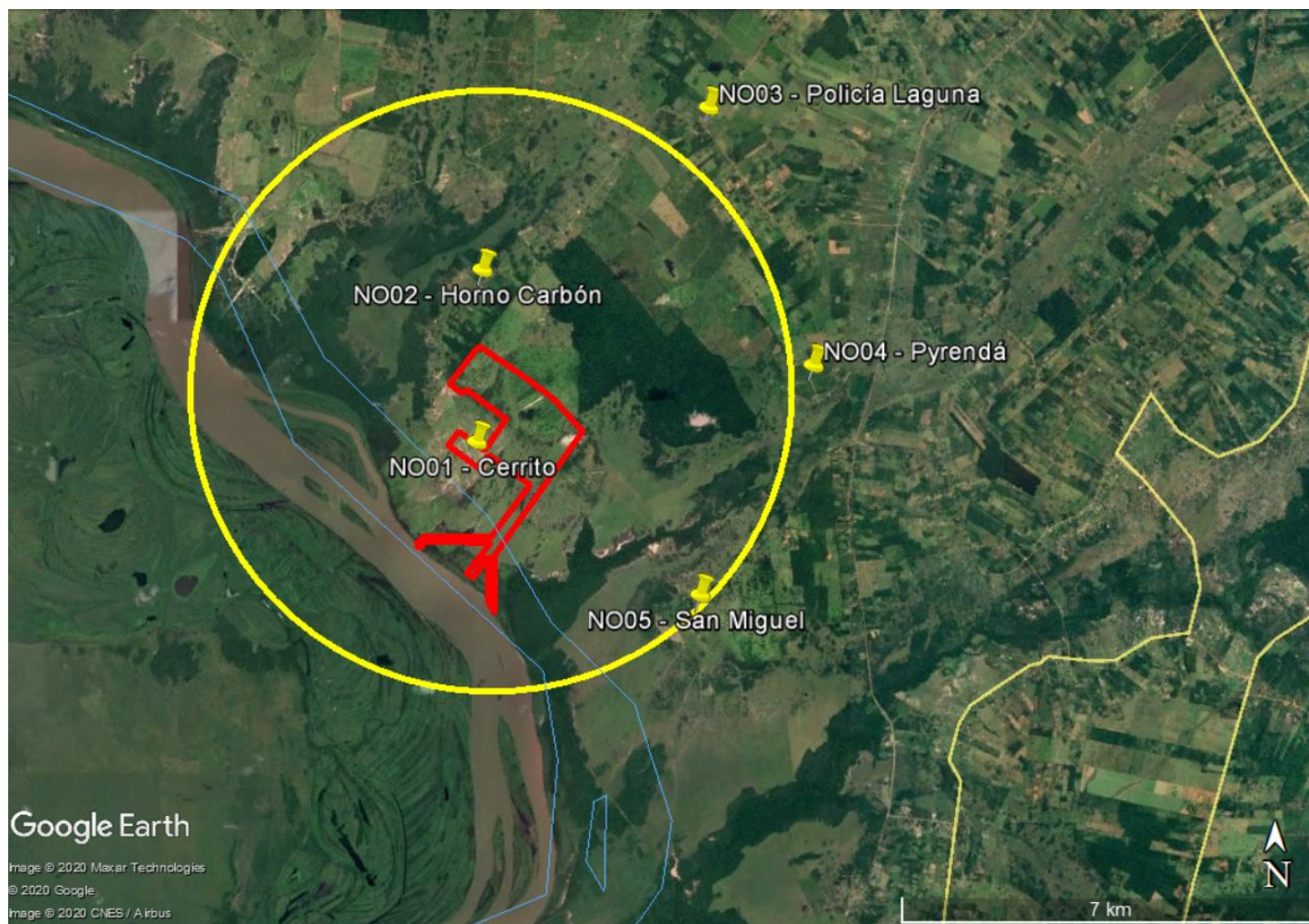


Figura 31 – Mapa de ubicación de los 5 puntos de medición del nivel de presión sonora ambiente. Fuente: Adaptado de *Google Earth* (2020).



Figura 32 – Punto NO01 ($23^{\circ}15'4.62''S$; $57^{\circ}29'36.53''O$). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).



Figura 33 – Punto NO02 ($23^{\circ}13'31.85''S$; $57^{\circ}29'33.20''O$). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).



Figura 34 – Punto NO03 ($23^{\circ}12'4.55''S$; $57^{\circ}27'20.60''O$). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).



Figura 35 – Punto NO04 ($23^{\circ}14'23.26''S$; $57^{\circ}26'19.28''O$). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).



Figura 36 – Punto NO05 ($23^{\circ}16'27.03''S$; $57^{\circ}27'25.65''O$). Fuente: Pöyry Tecnología (2019).

9.4.3 Metodología

La metodología de medición se basó en las instrucciones de la NBR 10.151/2019. El método de evaluación consistió en la medición del nivel de presión acústica equivalente (LAeq) en decibelios ponderados "A", comúnmente llamado dB(A), como se recomienda en el capítulo 1.3 de la NBR 10.151/2019.

Las mediciones se hicieron en puntos situados a cerca de 1,2 metros del suelo y al menos a 2,0 metros del límite de la propiedad y de cualquier otra superficie reflectante, como muros, paredes, etc.

El tiempo de medición del nivel de presión del sonido ambiente fue de 3 minutos por cada punto muestreado. Durante las mediciones, se usó protección contra el viento desde el micrófono.

La evaluación de la presión sonora se realizó en los 2 períodos recomendados por la NBR 10.151/2019, o sea, periodos diurno y nocturno.

9.4.4 Equipos

A continuación, se presentan las características del decibelímetro y el calibrador acústico manejados en este monitoreo. Los certificados se presentan en el VOLUMEN IV – Informe de Monitoreo de Ruidos.

Características del Sonómetro

- Modelo: Decibelímetro DT-8852
- Norma atendida: IEC 61672-1 Clase 2
- Precisión: $\pm 1,4$ dB
- Gama de frecuencias: 31.5 Hz ~ 8 KHz
- Escala Dinámica: 50 dB
- Memoria: 32.700 datos
- Niveles de escala:
 - Lo (bajo): 30 dB ~ 80 dB
 - Med (medio): 50d B ~ 100 dB
 - Hi (alto): 80 dB ~ 130 dB
 - Auto: 30 dB ~ 130 dB
- Ponderación de frecuencia: A/C
- Ponderación de tiempo: rápido o “fast” (125 ms) y lento o “slow” (1s)
- Micrófono: 1/2 pulgada con condensador electret
- Resolución: 0,1dB
- Número de serie: 150622900
- Certificado de calibración n.º 3547
- Fecha de calibración: 08/03/2018

Características del Calibrador Acústico

- Modelo: Calibrador SC-05
- Norma cumplida: IEC 60942 Clase 2
- Niveles de presión sonora de salida: 94 dB e 114 dB
- Frecuencia de salida: 1.000 Hz $\pm 4\%$
- Precisión: $\pm 0,5$ dB
- Número de serie: 150621430
- Certificado de calibración n.º: 3885
- Fecha de calibración: 07/03/2018

9.4.5 Resultados y Conclusiones

Seguidamente, se presentan los resultados de las mediciones del nivel de presión sonora en los 05 puntos de medición y la comparación con los límites definidos por la Ley n.º 1.100/97.

El sitio de ubicación de la fábrica de celulosa de PARACEL no tiene una zonificación definida. Por lo tanto, la comparación de los resultados se realizará dentro de los límites de las Áreas mixtas y Áreas industriales establecidas en la Ley n.º 1.100/97.

Tabla 5 – Resultados de las mediciones de niveles presión sonora ambiente

Punto	Distancia da fábrica (km)	Periodo	Horario	Límites Ley n°1.100/97		Resultados LAeq (dB(A))
				Área Mixta	Área Industrial	
NO01 - Cerrito	0,0	Diurno	12:11	70	75	43,1
		Nocturno	20:36	55	60	35,0
NO02 - Horno Carbón	1,0	Diurno	10:58	70	75	50,7
		Nocturno	21:00	55	60	38,8
NO03 - Policía Laguna	4,9	Diurno	10:38	70	75	43,1
		Nocturno	21:20	55	60	50,2
NO04 - Pyrendá	4,1	Diurno	10:16	70	75	34,5
		Nocturno	21:48	55	60	35,9
NO05 - San Miguel	3,2	Diurno	09:50	70	75	43,5
		Nocturno	19:35	55	60	46,9

Los resultados de la medición del nivel de presión sonora ambiental en el área cercana de la fábrica de celulosa de PARACEL fueron entre 34,5 dB(A) y 50,7 dB(A) durante el período diurno; y entre 35,0 dB(A) y 50,2 dB(A) durante el período nocturno. Estos resultados están abajo de los límites de las áreas mixtas e industriales, definidos en la Ley 1100/97.

Los puntos de medición se encuentran en casas hasta 4,9 km distantes del sitio donde se ubicará la fábrica de celulosa de PARACEL. En esta campaña, que tenía por objeto definir el fondo de la zona, los resultados más altos, en los períodos diurno y nocturno, se originaron por los sonidos emitidos por animales, aves y el movimiento de personas y vehículos.

9.5 Geología

Geológicamente, el Paraguay se encuentra asentado sobre dos formaciones diferentes: el escudo brasileño y la Depresión Andina, correspondiéndose en gran parte con las regiones ya mencionadas. La región Oriental es más diversa en su origen, con formaciones originadas en el Mesozoico, Paleozoico e inclusive del Agnostozoico, una de las formaciones más antiguas, mientras que la totalidad del territorio chaqueño, con

pocas excepciones, corresponde a estratos del Terciario, con edades geológicas relativamente recientes de entre dos y 65 millones de años (DBEnvironnement, 1999).

La siguiente figura presenta una síntesis de la geología del Paraguay y la columna estratigráfica de la geología del Paraguay. continuación se presenta la caracterización geológica regional y de las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL, con datos del sitio web del Viceministerio de Minas y Energía.

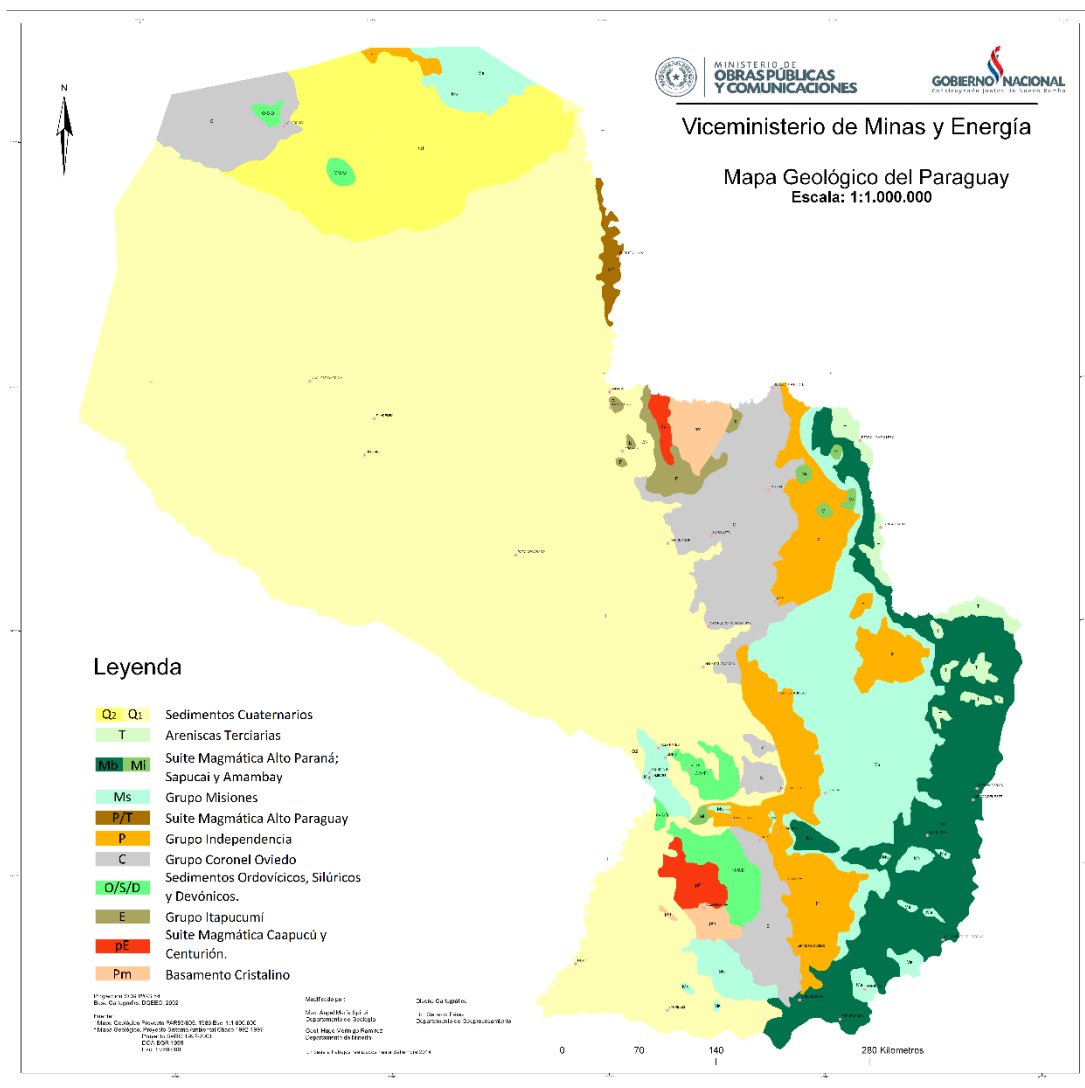


Figura 37 – Síntesis de la Geología del Paraguay. Fuente: González, 2000.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL PARAGUAY					
Geocronología			Cuenca del Paraná	Cuenca del Chaco	
CENOZÓICO	Cuaternario	- 1,6	Cuaternario	Cuaternario	
	Terciario		Terciario/cuaternario indiferenciado	Fm. Chaco	
MESOZÓICO	Cretácico	- 65	Suite Intrusiva Ñemby	Fm. Santa Barbara	
			Gr. Asunción/Fm. Acaray	Fm. Palo Santo	
	Jurásico	- 135	Suite Magmática Sapucaí/ Alto Paraná	Magmatismo mesozoico	
			Fm. Ybytymí	Fm. Misiones	Fm. Berta
	Triásico	- 205			
PALEOZÓICO	Pérmico	- 250	Grupo Independencia		
	Carbonífero	- 290	Fm. Coronel. Oviedo	Gr. Palmar de las Islas	
		- 355			
	Devónico	- 410	Gr. San Pedro/Fm. Arroyos y Esteros	Gr. San Alfredo	
	Silúrico	- 438	Gr. Itacurubí	Gr. Cerro León	
			Gr. Caacupé		
	Ordovícico	- 510			
	Cámbrico	- 570	Suite Magmática Caapucú/ San Ramón		
PROTEROZÓICO	Precámbrico		Gr. Paso Pindó	Gr. Itapucumí	
			Subcratones Río Apa y Río Tebicuary	Subcratón Río Apa	

Modificado del Mapa Geológico del Paraguay, escala 1:1.000.000, Proyecto PAR 83/005, 1986; González, 2000

Modificado del Mapa Geológico del Paraguay, escala 1:1.000.000, Proyecto PAR 83/005, 1986; González, 2000

Figura 38 – Columna tectono-Estratigráfica del Paraguay. Fuente: González, 2000.

9.5.1 Caracterización Regional (AII)

9.5.1.1 Provincias Cratónicas

Las Provincias cratónicas del Paraguay, se localizan principalmente en la Región Oriental ocurriendo en dos áreas distintas. Una al norte en la zona limítrofe con Brasil,

denominada Provincia del Río Apa y la otra, Provincia del Río Tebicuary en el Centro-Sur.

Ambas provincias están formadas por bloques cratónicos que engloban a las unidades más antiguas con edades Paleoproterozoicas, Fajas Plegadas Meso proterozoicas y unidades plataformales Neoproterozoicas-Eocámbricas.

El Bloque del Río Apa está constituido por el complejo homónimo y es representado principalmente por gneises, máficos y leucocráticos, granito-gneis, metasedimentos e intrusivas graníticas-pegmatíticas de edad Proterozoico Inferior a Medio y la Suite Magmática Centurión correspondiente a rocas plutónica-volcánicas del tipo granitos gruesos, a veces porfiríticos y rocas metavolcanitas piroclásticas ácidas a intermedias, de edad Proterozoico Medio (K/Ar 1.650 ± 63 Ma).

El Complejo Río Apa es cubierto discordantemente por metasedimentitas clásticas del Grupo San Luis, en su porción occidental, mientras que en la parte oriental es sobrepuesta por rocas clásticas - carbonáticas del Grupo Itapucumi de edad Vendiana. Ambas unidades a su vez al oeste se hallan intruídas por rocas ígneas plutónicas y volcánicas ácidas e intermedias denominadas Suite Magmática San Ramón. Este último magmatismo es considerado como un evento sin a pos-tectónico del Ciclo Brasiliano.

La Provincia del Río Apa es productora principalmente de calcáreos, calcíticos, dolomíticos y mármoles. Presenta además anomalías de minerales metálicos como Ag-Pb-Zn y estaño; además se encuentran vetas de cuarzo, pegmatitas portadoras de grandes láminas de moscovita y otras pegmatitas portadoras de turmalina y berilo.

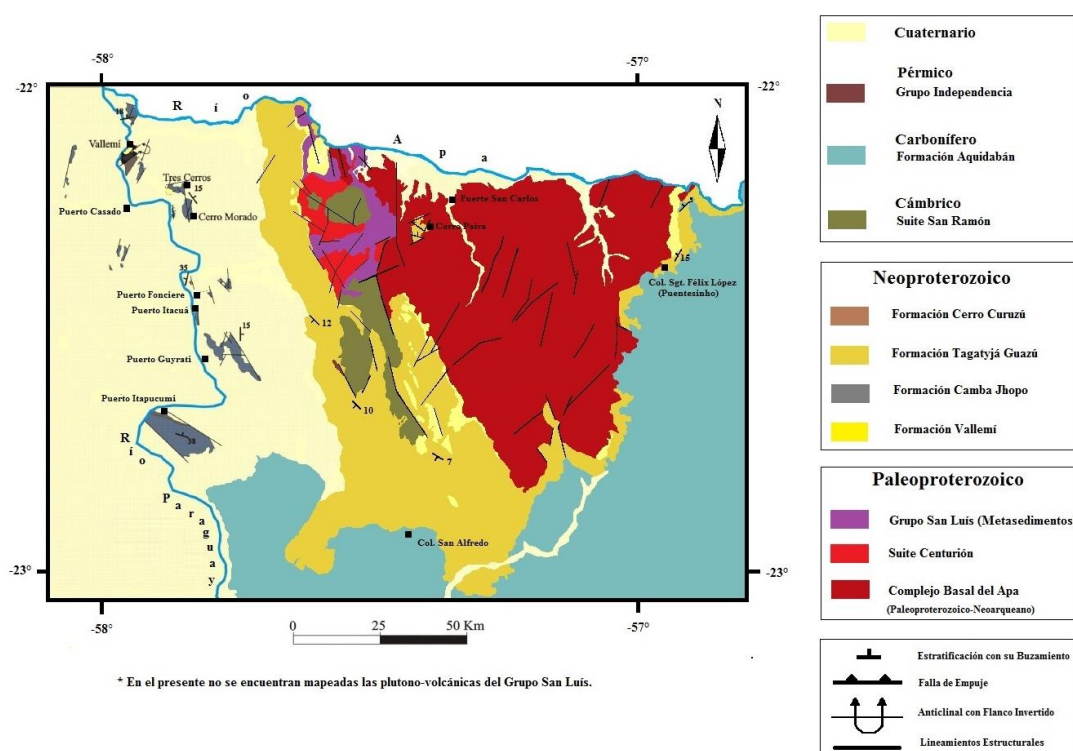


Figura 39 – Cratón del Río Apa. Fuente: Sitio web Geología del Paraguay.

El Bloque Río Tebicuary localizado al sureste de Asunción es representado por tres unidades litoestratigráficas: Complejo Río Tebicuary, Grupo Paso Pindó y la Suite Magmática Caapucú.

El Complejo Río Tebicuary comprende a su vez dos unidades: la Suite Metamórfica Villa Florida y la Granodiorita de Centu-Cué. La primera reúne un conjunto de rocas cristalinas afectadas por metamorfismo regional de grado medio a alto, dentro de las facies anfibolita y granulita, de edad Proterozoico Inferior, Ciclo Transamazónico (2.000 ± 200 Ma). Litológicamente esta unidad se halla constituida por paragneis y ortogneis, asociadas a cuarcita, calcosilicatada, mármol, anfibolita y rocas ultrabásicas, transformadas en esquisto de talco y serpentinita. Por otro lado, la segunda unidad es representada por roca ácida porfírica intruída en los gneises. Este último evento evidencia intensas deformaciones durante la fase sin-tarditectónica del Ciclo Transamazónico, generando plegamientos, migmatización y fracturamientos.

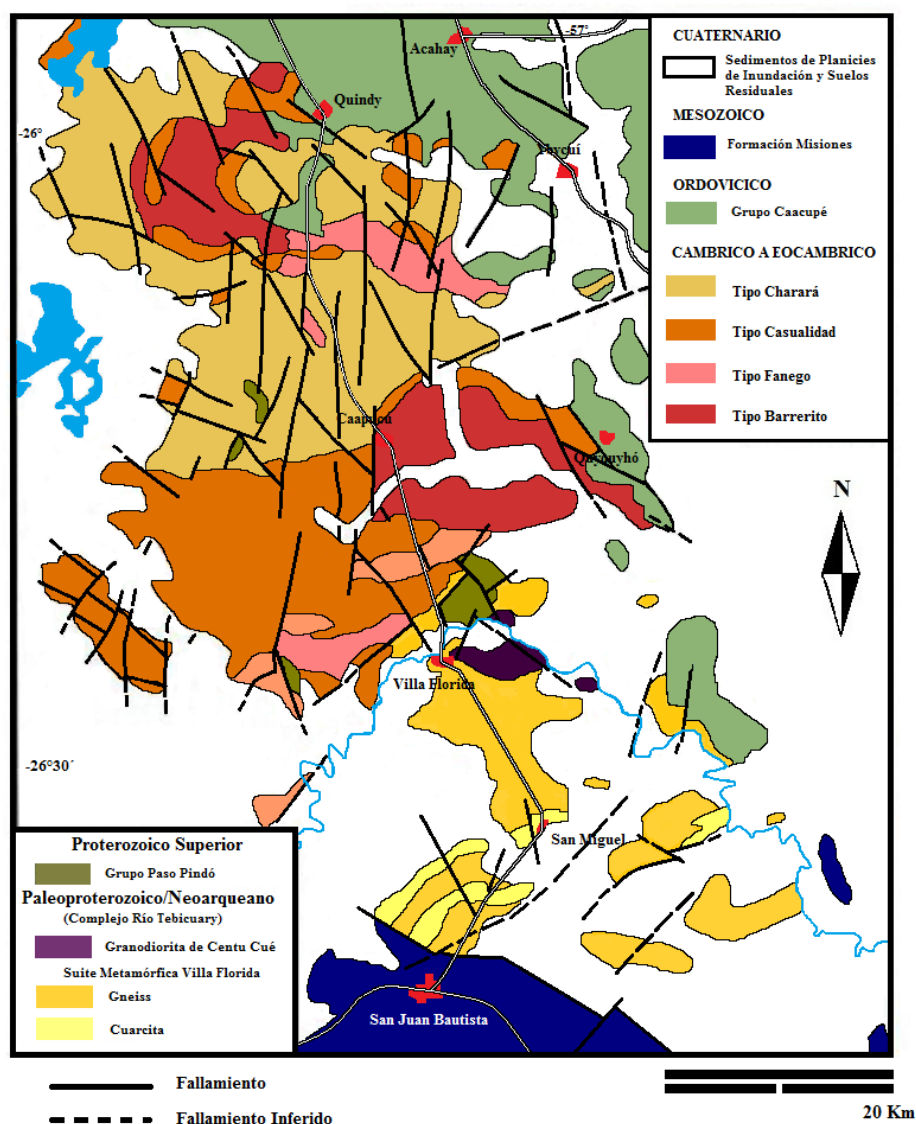


Figura 40 – Cratón del Río Tebicuary. Fuente: Sitio web Geología del Paraguay.

El Grupo Paso Pindó se posiciona discordantemente sobre el Complejo Río Tebicuary. Esta unidad, constituida por sedimentos silíceos y volcanoclásticos, ha sido afectada por un metamorfismo de bajo grado (facies de esquistos verdes), durante el Ciclo Brasiliano, en el Proterozoico Superior (± 600 Ma).

La Suite Magmática Caapucú intruye en la fase pos-tectónica del Ciclo Brasileiro al Complejo Río Tebicuary y al Grupo Paso Pindó. Este evento magmático ácido es constituido por rocas con varios niveles de emplazamiento (plutónicas, hipoabisales y efusivas), principalmente de granitos gruesos a porfiríticos, pórfido de granito/riolita y riolita, de edad Rb/Sr 531 ± 5 (Cubas et al. 1997).

Pequeños afloramientos aislados de rocas graníticas de la Suite Magmática Caapucú, ocurren en el centro de la Región Oriental, asociados a la estructuración del Rift de Asunción.

Tectónicamente el Bloque del Río Tebicuary puede dividirse en dos eventos principales: Ciclo Transamazónico (Complejo Río Tebicuary) y el Ciclo Brasileiro (Grupo Paso Pindó y Suite Magmática Caapucú).

9.5.1.2 Cuencas Fanerozoicas

El Fanerozoicas en Paraguay se halla representado por dos grandes cuencas: Cuenca del Chaco y Cuenca del Paraná. En ellas secuencias sedimentarias de edades: Ordovísico/silúrico constituyen la base de deposición, en la zona marginal de la Placa Paleo-Pacífica, antes de la subducción con el continente del Gondwana.

9.5.1.2.1 Cuenca Del Paraná

La Cuenca del Paraná abarca una vasta área del continente Sudamericano, de aproximadamente 1.500.000 km², que ocupa partes del sur de Brasil, noreste de Argentina, este de Paraguay y norte de Uruguay. Con su eje mayor orientado en dirección NNE-SSW y su depocentro estructural situado a lo largo del Río Paraná, con un registro de rocas sedimentarias y volcánicas, cuyo espesor total sobrepasa los 7.000 metros.

En Paraguay Oriental son reconocidas seis secuencias sedimentarias de amplia escala o supersecuencias, separadas entre sí por superficies discordantes de carácter regional (Milani, 1997).

La primera supersecuencia de edad Ordovísico/silúrico se halla en contacto discordante sobre el basamento cristalino, observada al este de Asunción, en el Valle del Acahay y bordeando el noreste del Bloque Río Tebicuary. Esta constituye un conjunto de rocas sedimentarias depositadas en un ambiente continental morfológicamente abrupto, en contacto lateral a un mar transgresivo, que llega al máximo de inundación en el Silúrico Inferior. En su ambiente costero deposita conglomerados, intercalados con areniscas conglomerádicas, que pasan gradualmente a areniscas, formando un conjunto de rocas clásticas gruesas denominada Grupo Caacupé. Concordante la secuencia sigue con rocas clásticas del Grupo Itacurubi, principalmente constituidas por areniscas finas, lutitas y arcillitas, altamente fosilíferas, constituyendo los soportes geocronológicos de la secuencia, con edad llandoveryana del Silúrico Inferior.

Rocas de edad devónica se disponen en discordancia sobre la anterior, en depósitos continentales y marinos. Las rocas de origen marino no fueron observadas directamente en el campo, siendo identificadas solamente en los pozos exploratorios Asunción 1 y 2 (Pecten, 1982), en los cuales se describieron alrededor de 450 metros de estos sedimentos. Las de origen continental reposan en discordancia erosiva sobre las unidades fosilíferas silúricas. Estas han sido identificadas primeramente en pozos y denominados Formación Santa Elena (González et al., 1994), posteriores trabajos de

mapeamiento geológico definieron areniscas gruesas como pertenecientes a esta unidad, denominándolas Formación Arroyos y Esteros (Dionisi, 1999).

La deposición de la secuencia devónica es interrumpida por tectonismo de reajuste continental (Orogenia Eohercínica). Este evento es responsable de la reestructuración de la cuenca en el Carbonífero Inferior, reanudándose la sedimentación a partir del Carbonífero Superior (Stephaniano), como la tercera supersecuencia carbonífero/pérmica. Esta ambientalmente influenciada por condiciones climáticas muy variadas, se inicia bajo dominio glacial y periglacial, depositando las formaciones Aquidabán y Coronel Oviedo, como una sucesión de sedimentos clásticos continentales y marino raso. El Pérmico propiamente dicho deposita en concordancia regional sedimentitas de ambiente continental eólico y fluvial, costero y marino raso, que litológicamente se caracteriza por areniscas, siltitas, arcillitas y calizas, que se aglutinan en el Grupo Independencia.

La continentalización de la Cuenca del Paraná a partir del Pérmico Superior, en el Triásico deposita areniscas continentales fluviales y eólicas, denominada Formación Misiones. Este conjunto se distribuye en una franja de dirección norte sur, depositada en discordancia sobre rocas carbonífero/pérmicas.

Las areniscas eólicas de la Formación Misiones característicamente arenisca cuarzosas, homogéneas, con poco material arcilloso como matriz, poco cementados, friables, sacaroidal y localmente silicificados. Sobreyacente e intercalada con las areniscas eólicas ocurren intrusiones y extrusiones de rocas basálticas de la Suite Magmática Alto Paraná. Las mismas se presentan como derrames de lava, sills y diques en sedimentos de las unidades preexistentes, en direcciones preferenciales noroeste-sureste. Petrográficamente las rocas basálticas muestran una textura subofítica, cristalización conjunta de piroxeno y plagioclasa, de edad comprendida entre 127 a 108 Ma. El contacto superior discordante de la suite se depositan areniscas de la Formación Acaray y/o sedimentos cuaternarios.

9.5.1.2.2 Cuenca Del Chaco

La Cuenca del Chaco está limitada al oeste por la Cordillera de los Andes y al este y noreste por el escudo Brasileño; ocupa un área de 246.725 Km², en la Región Occidental del Paraguay. Es una cuenca pericratónica, conformada por varios depocentros o subcuencas separados por altos estructurales, cada uno de ellos con un registro tectono-sedimentario único. Al NW se acomodan las subcuencas de Curupayty y Carandayty, ambas representan áreas con secuencias paleozoicas bien desarrolladas. En cambio, áreas de subsidencia de edad mesozoica-cenozoica, ocurren principalmente en las subcuencas de Purity y Pilar. El estilo tectónico de la Cuenca del Chaco es caracterizado por la presencia de lineamientos estructurales de dirección NW y NE, de edad Brasiliana. Reactivaciones posteriores de estas estructuras, durante el Paleozoico, resulta en la caracterización de cuatro ciclos de subsidencia: Paleozoico Inferior, Paleozoico Superior, Mesozoico Superior y Cenozoico. Las fases están separadas por discordancias erosivas o ausencia de sedimentación.

El ciclo sedimentario del Paleozoico Inferior está representado por depósitos clásticos continentales y marinos de edades Ordovícico, Silúrico y Devónico. Los sedimentos de edad Ordovícico (Grupo Cerro León) están preservados en profundidad en la subcuenca del Carandayty. En cambio, afloramientos de rocas sedimentarias atribuidas al Silúrico

y al Devónico ocurren en la porción noroeste, asociadas a altos estructurales (Cerro León y Cordillera de San Alfredo).

El ciclo sedimentario del Paleozoico Superior, secuencia carbonífera/pérmica, constituye el Grupo Palmar de las Islas, principales compuestos por depósitos en las subcuencas del Carandayty y Curupayty, así como algunos afloramientos en la porción norte del Chaco, asociadas al Alto de Lagerenza. Los sedimentos de edad carbonífera son compuestas por dos unidades, una inferior o Formación San José, constituida por areniscas intercaladas con arcillitas, varvitas y diamictitas. La unidad superior o Formación Cabrera, se inicia con conglomerados locales y principalmente areniscas, con niveles superiores de arcillita y caliza oolítica.

La unidad Mesozoica/cenozoica, denominada Formación Adrián Jara se halla compuesta por areniscas con niveles conglomeráticos y arcillitas, se encuentran principalmente en la subcuenca del Curupayty, en discordancia erosiva sobre sedimentos carboníferos.

Por otro lado, los sedimentos Mesozoico-Cenozoico, en la subcuenca de Purity comprende tres formaciones: Berta, Palo Santo y Santa Bárbara. La primera está constituida por areniscas intercaladas con arcillita, la segunda se compone de intercalaciones de areniscas conglomeráticas, areniscas, arcillitas, margas y evaporitas; por último, la Formación Santa Bárbara consiste areniscas, siltitas, arcillitas, evaporitas y calcáreos.

En la subcuenca del Purity se encuentran rocas magmáticas de composición basáltica de edad Cretácico Inferior (128 ± 5 Ma).

En el Eoceno Inferior a Medio, en varios depocentros de la Cuenca del Chaco fueron depositados entre 500 a 1.000 metros de sedimentos continentales, en partes marinos, denominados como Formación Chaco. En general esta formación consiste en una alternancia de areniscas, siltitas y arcillitas.

El periodo Cuaternario de la Cuenca del Chaco es una continuidad de la sedimentación de la Formación Chaco, con depósitos continentales heterogéneos.

9.5.1.3 Magmatismo Alcalino

Las rocas alcalinas del Paraguay ocurren en diversas partes del Paraguay Oriental distribuidos en seis provincias: Alto Paraguay, Río Apa, Amambay, Central, Asunción y Misiones, estas rocas están asociadas tectónicamente a estructuras extensionales (rifts continentales, intersección de lineamientos estructurales y lineamientos en zonas de márgenes cratónicas), que afectaron a la porción occidental de la Cuenca del Paraná en el Mesozoico. Las provincias alcalinas, del Paraguay se diferencian una de otra en sus características petrográficas, químicas, geocronológicas y tectónicas.

La composición petrográfica de estas rocas presenta gran variación, con mayor predominio de las rocas alcalinas silicáticas, a diferencia de las carbonatitas que se restringe a una sola provincia (Provincia Amambay). Químicamente las litologías silicáticas varían desde ultrabásicas hasta ácidas y en general representan términos petrográficos diferenciados. En cuanto a la relación Na/K se pueden diferenciar en provincias alcalinas sódicas y provincias alcalinas potásicas.

La evidencias geológicas y geofísicas indican que el condicionamiento de las rocas alcalinas del Paraguay es fuertemente controlado por una tectónica distensional

desarrollada durante el Mesozoico, relacionada con la fragmentación del Gondwana y apertura del Atlántico Sur

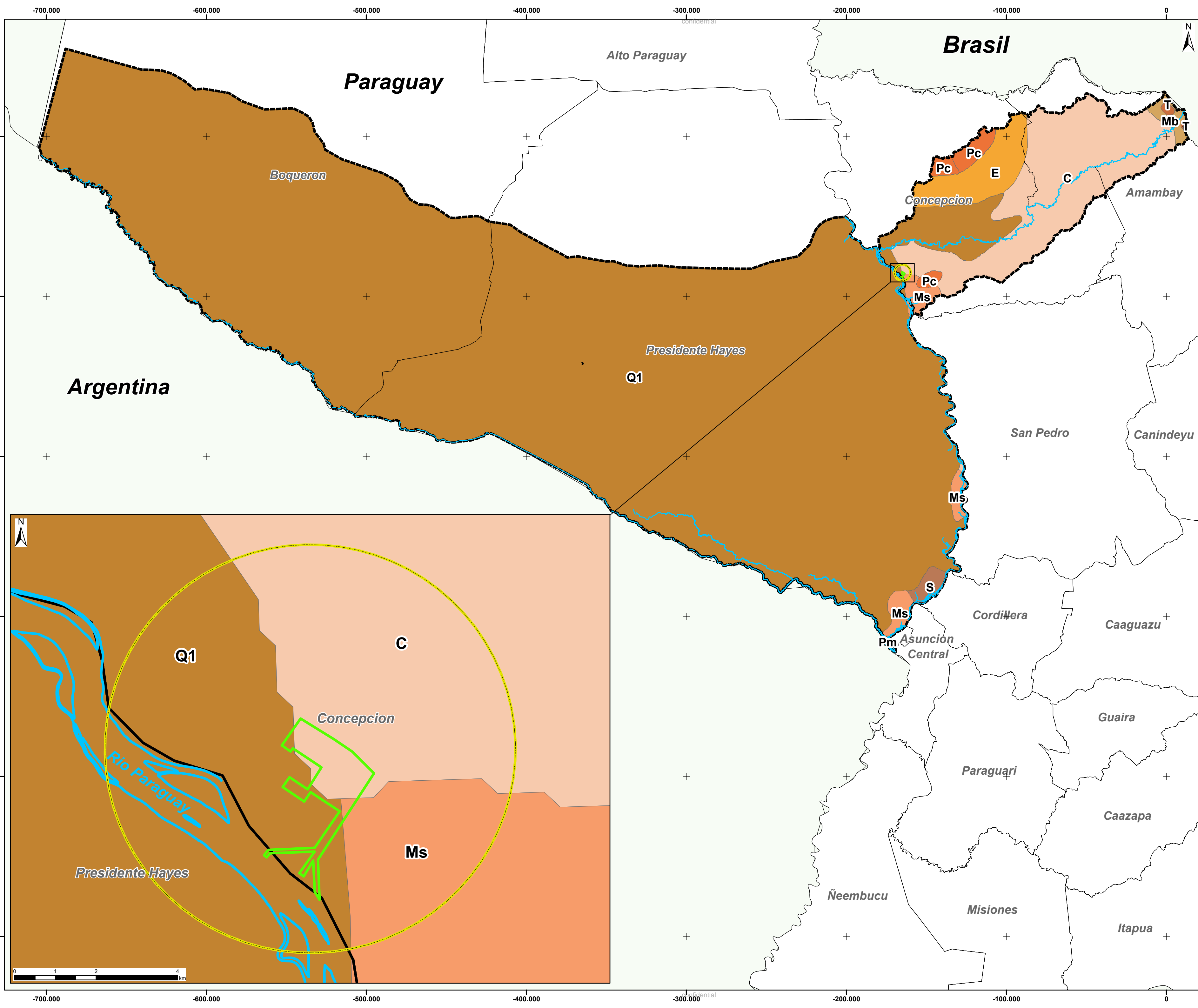
En cuanto a la geocronología estas rocas cubren un amplio espectro de edad que se extiende desde 255 Ma. hasta 39 Ma.

En general las rocas alcalinas se encuentran asociadas a sedimentos Paleozoicos-Mesozoicos y están cubiertas por aluviones recientes.

Asimismo, el modo de ocurrencias es bastante diversificado y varía de una provincia a otra. Las formas intrusivas, aparecen como complejos anulares (Complejo alcalino-Carbonatítico) y stocks. Las formas extrusivas comprenden lavas, domos y plug y las formas hipoabisales generalmente en forma de diques o enjambres de diques.

9.5.2 Caracterización Local (AID)

La fábrica de celulosa de PARACEL se inserta en 3 grupos distintos, que son: C – Coronel Oviedo, Q1 – Sedimentos Cuaternarios e Ms – Grupo Misiones, como se muestra en el mapa a continuación.



MAPA DE UBICACIÓN

LEYENDA

~ Hidrografía

ADA - Área Directamente Afectada

AID - Área de Influencia Directa

AII - Área de Influencia Indirecta

Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Río Pilcomayo y Aquidaban)

Geología

C - Grupo Coronel Oviedo

E - Grupo Itapucumi

T - Areniscas

Mb - Suite Magmática Alto do Paraná

Pm - Basamento Cristalino

Q1 - Sedimentos Cuaternarios

S - Sedimentos Ordovícicos, Silúricos y Devónicos

Ms - Grupo Misiones

Pc - Suite Magmática Caapucú y Centurión

Departamentos

América del Sur

ESCALA GRÁFICA:

DATUM SIRGAS 2000
PROYECCION: UTM

FUENTE DE DATOS:

- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).
- USGS, 2020.
- Viceministerio de Minas y Energía, 2002.

PARACEL

POYRY

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Río Pilcomayo

GEOLOGÍA

ESCALA: 1:1.500.000	FECHA: 06/05/2020
PROYECTO N°: Figura 3	FOLIA: 3/7
RESP. TÉCNICO: Romualdo Hirata	FIRMA: REV 0

9.5.2.1 C – Grupo Coronel Oviedo (Grupo Independencia)

El grupo está constituido por las Formaciones San Miguel y Tacuary, de edad Pérmica, que aflora en el Paraguay Oriental en un área de 7.996 km². La denominación Serie Independencia fue utilizada por Harrington (1980), para designar las capas sedimentarias del Pérmico superior. En 1956, el mismo autor designa la misma unidad de Formación Independencia, (Eckel, 1959) volvió a utilizar la denominación Serie Independencia en un sistema del Gondwana o de Santa Catarina. Putzer (1962) denominó las capas de edad Pérmica como la Serie Passa Dois.

En la descripción de la geología de la cuadrícula 41, Coronel Oviedo (Anónimo, 1966), las capas de edad Pérmica inferior y medio son denominadas Serie Ybytyruzú, dividida en las Formaciones Pañetey e Independencia. Wiens (1982) propone para el Pérmico la división en las Formaciones San Miguel, Tacuary, Tapytá y Cabacué. En la adaptación preliminar de la columna estratigráfica del Paraguay, para el Proyecto PAR-83/005, estas formaciones fueron reunidas en el Grupo Independencia. En este texto explicativo el Grupo Independencia está dividido en las Formaciones San Miguel y Tacuary con la eliminación de las Formaciones Tapytá y Cabacué que, en realidad, pertenecen a la base de la unidad de edad Triásico/Jurásica.

El grupo aflora manteniendo la dirección de las denominadas capas gondwánicas, N-S/NNW-SSE, con buzamiento hacia el E, en áreas frecuentemente fallada. Al norte de la zona de la Falla Jejuí/Aguaray Guazú, en el Alto Apa, el Grupo está ausente por erosión en el Triásico inferior. Las formaciones del grupo se correlacionan con las unidades de los grupos Guatá y Passa Dois, de la Cuenca del Paraná, en el Brasil.

9.5.2.2 Q1 – Sedimentos Cuaternarios - Formación San Antonio

Están aquí agrupados los sedimentos acumulados, próximo al área del río Paraguay y sus afluentes, que se encuentran en una cota más baja de 70 metros, en la región Oriental del país. Cubre un área de 60.782 km². Está constituida por una arenisca clara crema, de granulación media a gruesa con gravillas dispersas, intercaladas con lutitas. Las areniscas, en contacto con estas lutitas, presentan clastos de arcilla. Existen también capas de areniscas arcillosas hasta de 1,5 metros de espesor. El ambiente de sedimentación es fluvial.

En el arroyo Candú, en la propiedad del Señor Virgilio Larrea, se encuentran fósiles de vertebrados que fueron descritos por Presser y Crosa (1984). Estos fósiles encontrados en el lugar descrito, en la localidad de Ytororó, están contenidos en una sucesión sedimentaria descrita por los autores citados como:

- Sedimentos verdes azulados, con buena selección, predominancia de arenas de granulación media, aparentemente macizos, asociados a láminas de arcilla;
- Sedimentos mal seleccionados con predominancia de arena media a gruesa y subordinadamente láminas de arcilla. Presentan niveles con fósiles en el contacto con la secuencia anterior y;
- Sedimentos moteados, con buena selección, con arenas de granulación media y subordinadamente arenas finas y arcilla. Aparentemente macizas.

Según los mismos autores, los fósiles encontrados son típicos de una fauna Pleistocénica y presentan tres especies de Glyptodontes, dos de Lestodontes y uno de Megatherion asociados a otros vertebrados no sistematizados claramente.

El nombre de “Formación San Antonio” es aquí propuesto formalmente, para la designación litoestratigráfica de estos sedimentos, a partir de una proposición de Palmieri y Velazquez (1982). En los valles de la red de drenaje actual del Paraguay Oriental, desde el río Apa, al norte, hasta el río Paraná, al sur y este, y el río Paraguay, al oeste, se presenta una amplia deposición de sedimentos de edad Holocénica.

9.5.2.3 Ms – Grupo Misiones

Los sedimentos de la Fm. Misiones afloran en el Paraguay Oriental según la misma dirección estructural de las unidades gondwánicas anteriores. Abarca un área aproximada de 35.000 km². El contacto basal es por discordancia erosiva con las unidades Carboníferas y del Pérmico.

La Fm. Misiones representa los diversos subambientes de un gran desierto climático de aridez creciente, cuya existencia se prolongó hasta el vulcanismo basáltico del Trapp del Paraná.

Los vientos que movían a las dunas del desierto provenían del norte al noreste de la fuente.

La Fm. Misiones está caracterizada por areniscas rojas de edad Mesozoica, en la que unidades antiguas se superponen con una disconformidad erosiva muy disfrazada, no reconocible a nivel de afloramiento.

Al Norte de la falla del Jejuí/Aguaray Guazú, el contacto inferior está sobre sedimentos de la Fm. Aquidabán (Permo-Carbonífero) y al Sur de este elemento estructural, con la Fm. Tacuary del Pérmico. El techo de la formación, en todo el país, está recubierto en discordancia erosiva por los basaltos de la Formación Alto Paraná (Jurásico-Cretácico).

En el mapa Geológico esta formación está representada por una faja discontinua de afloramientos donde el Norte (Pedro Juan Caballero), hasta el Sur, en la región de San Juan Bautista. Aflora también, en el interior del "plateau" basáltico, como en el área adyacente al río Paraná, entre Encarnación y Trinidad (Ruta 6). La formación presenta dos facies sedimentarias, una de origen fluvial y la otra, predominante, de origen eólico. La facies sedimentada en ambiente fluvial ocupa, preferencialmente, una parte basal de la formación más puede recorrer entre los sedimentos arenosos de origen eólico. Esta facies basal está constituida por areniscas esencialmente maciza, localmente con estratificación cruzada, granulación fina a media y láminas arcillosas intercaladas. Existen también niveles conglomeráticos o brechas con clastos de arcilla, siltita y pizarras, con pequeña continuidad lateral de los cuerpos arenosos.

La parte basal representa así, una facies de planicies aluviales asociadas a un ambiente fluvial. Esta sección de la formación fue dividida por Wiens (1982), en dos formaciones, denominadas Tapyta y Cabacuá, con cerca de 325 metros de espesor y su definición fue hecha en base a descripciones en profundidad. En la cuenca del Paraná se conoce hace mucho tiempo, una fase deposicional fluvial asociada a la base de la Formación Misiones. A veces esta fase fluvial basal llega a separarse en una formación específica, como en el Brasil, la Formación Pirambóia. A nivel regional esta separación en mapeamiento se hace difícil demostrar. Teniendo en cuenta un buen acuífero y los mapas distinguiendo las dos formaciones, se concluye a interpretaciones erróneas. Estudios más detallados, especialmente en la prospección de aguas subterráneas, demuestran que las dos unidades, fluvial y eólica, se presentan interdigitadas.

La parte eólica se caracteriza por presentar una marcada bimodalidad en la distinción granulométrica en láminas de pocos milímetros. Presentan estratificaciones cruzadas de mayor tamaño con los "sets" cruzados comenzando con granos de 500-700 μ terminan con 177-250 μ . En la región de la Colonia Independencia, en la localidad denominada Salto Boni, puede observarse areniscas con granulación bimodal (350-500 μ y 500-710 μ) con amplios "sets" de estratificación cruzada, con más de 4 metros de largo por 1,5 metros de altura. La arenisca está fuertemente silicificada y posee un sill intrusivo en su parte inferior. La inclinación de los estratos está entre 10 y 20° y el frente del escarpe posee una exposición cerca de 25 metros de altura. Bajo el cuerpo intrusivo, las areniscas muestran "sets" de estratos cruzados de más de 12 metros de largo y hasta 3 metros de altura.

La Formación Misiones es transgresiva sobre todas las demás unidades sedimentarias de la cuenca, inclusive sobre el Basamento Cristalino. Esta transgresividad se debe a amplios movimientos tectónicos de naturaleza vertical, que asoló la cuenca al final del Pérmico o al inicio del Triásico, causada simultáneamente por la fragmentación de la Pangea y el levantamiento de los Andes Paleozoicos (Permo-Triásico). El ambiente sedimentario, predominante para esta formación (eólico), también es un factor importante en el carácter transgresivo, especialmente por causa del avance de las dunas arenosas sobre el paleorelieve.

Localmente, puede presentar capas conglomeráticas en su base, constituida por cantos de cuarzo y cuarcita, como en las cercanías de San Juan Bautista, nunca excediendo 2 metros (Gómez Duarte, información verbal).

Estas capas pueden también recorrer la columna junto a facies más fluviales. Los cantos comúnmente muestran trabajo eólico, presentándose todos bastante pulidos (ventifactos).

La edad Triásica, propuesta para el inicio de la sedimentación de esta unidad, está basada en el contacto de esta formación con la unidad inferior, Formación Tacuary, bien descrito en la literatura al respecto, en la Cuenca del Paraná. En la margen E de la Cuenca, la zona de contacto está caracterizada por un nivel de regolito fósil (suelo fósil) indicando, en su para conformidad, un pasaje casi gradual hacia diferentes condiciones de sedimentación. Hacia el interior de la cuenca el pasaje es transicional. En la margen W de la cuenca, en el Paraguay Oriental, el contacto entre las Formaciones Terciarias y Misiones puede ser observada en la ruta Mbocayaty y Colonia Independencia, a 17 km de la primera ciudad, en la ruta y en un camino lateral que se inicia en este lugar.

En este punto, la base de esta unidad (Formación Misiones), presenta areniscas arcillosas con estratificación cruzada y clastos de lutitas de la Formación Tacuary, en las "foresets" de los estratos cruzados. La granulometría de las areniscas que portan los clastos de lutitas está entre 250-350 μ y entre 500-710 μ para las areniscas con estratificaciones cruzadas de tamaño mayor. No obstante, el área se encuentra muy fallada estas areniscas con clastos de lutitas de la unidad más antigua constituye una brecha basal de la Formación Misiones, bien descrita en el nivel de regolito fósil de la cuenca. Como en el Paraguay Oriental, la Formación Misiones está atravesada por intrusiones alcalinas del Jurásico superior, se admite para esta formación, una edad Triásica - Jurásica. En el frente de las escarpas cubiertas por la Formación Alto Paraná (basaltos), como en la región Norte (área de Pedro Juan Caballero y Capitán Bado) y Central (área de la Cordillera e Ybytyruzú), la erosión que continúa en el frente de la escarpa provee una gran cantidad de granos de arena de esta formación, que va a

depositarse en el área baja adyacente, haciendo que se forme una extensa cobertura arenosa frecuentemente confundida, en trabajos de mapeamiento, con la Formación Misiones.

9.5.3 Caracterización Geológica del ADA

En mayo de 2020, la empresa paraguaya GEOSTAN GEOINGENIERÍA realizó 25 sondeos en el área de la planta de celulosa de PARACEL (ADA).

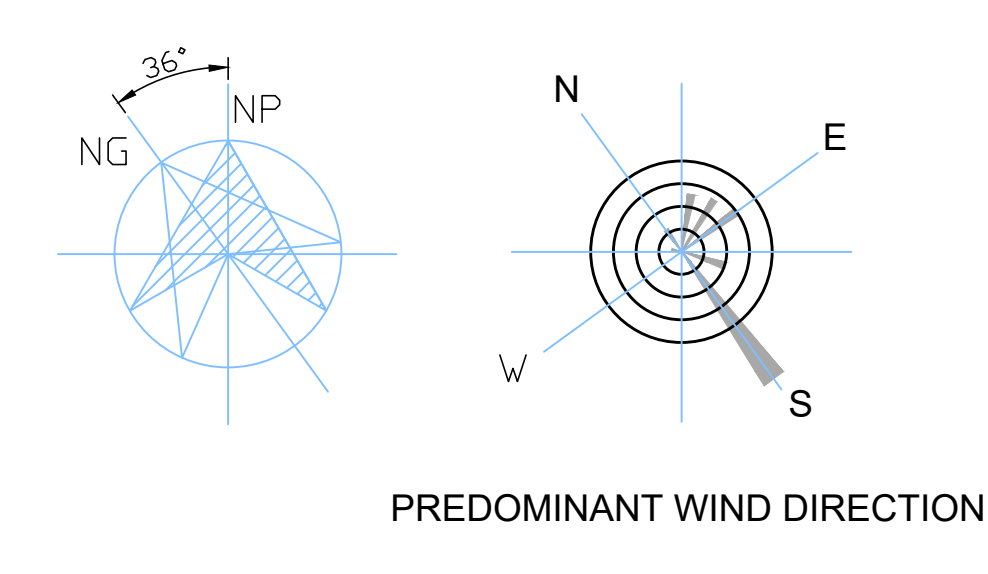
En general, los estudios a profundidades de 15 a 20 metros muestran una estratigrafía constante compuesta de capas de arena y areniscas en diferentes grados de alteración.

En los primeros 4 metros, el perfil a menudo presenta una capa de arenas limosas de color gris, amarillo o marrón, con baja resistencia y valores de SPT (*Standard Penetration Test*) entre 6 y 11 metros.

En la secuencia, se encuentran nuevas capas de arena de arcilla limosa, con resistencias significativamente más altas ($16 \leq \text{SPT} \leq 72$) o, aún, capas de arenisca con espesores mayores de 4 metros interpuestos a la capa principal o continuas hasta el límite de perforación.

El nivel del agua no se alcanzó en 20 de los 25 sondeos, hasta el límite de perforación. Cabe señalar que, para obtener más informaciones sobre el nivel del agua, se llevarán a cabo excavaciones mecanizadas en el área del proyecto.

Las siguientes figuras muestran la ubicación de los puntos de perforación y, también, un perfil estratigráfico de uno de los puntos (como ejemplo) donde fue posible alcanzar el nivel del agua (SM5).



SCALE	UNIT	PROJECTION	POLYR NUMBER	REV.
1:5000	m		109001759-001-1000-Z03-0005	0

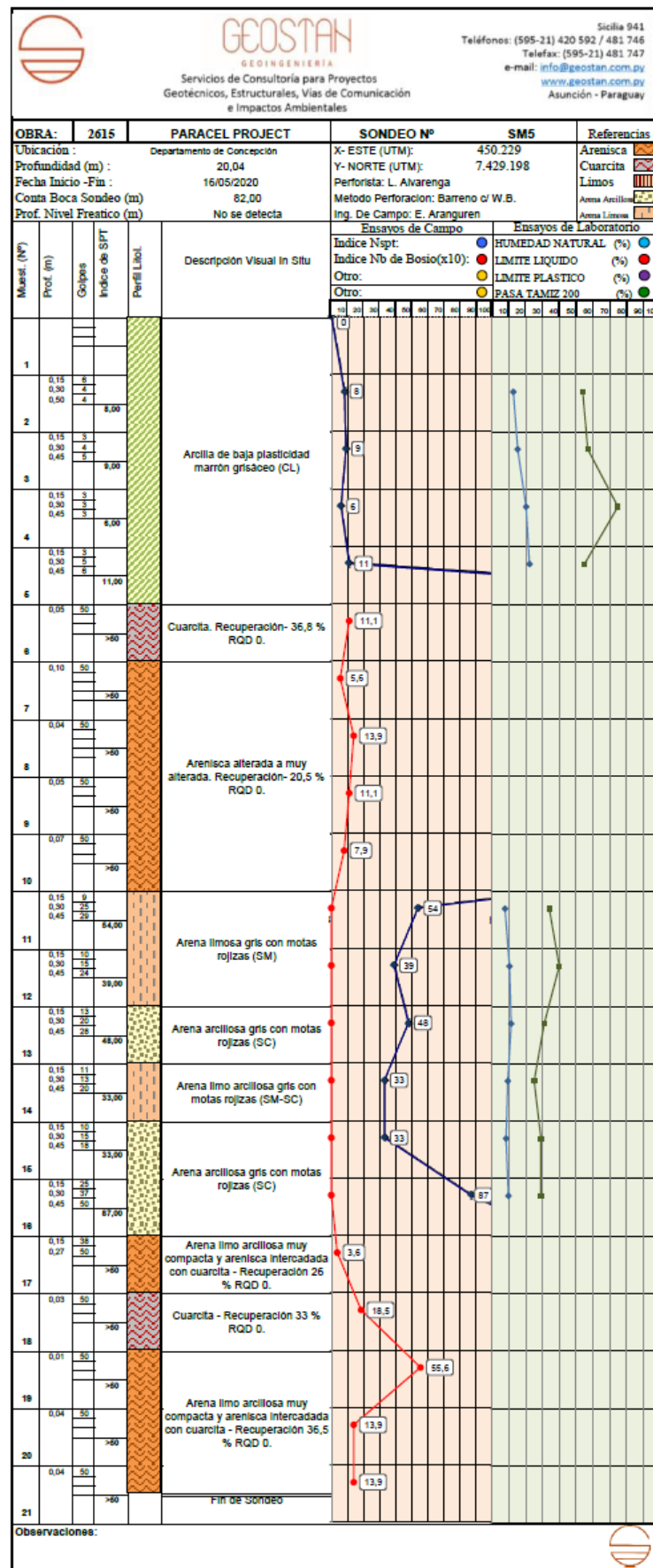


Figura 43 – Perfil estratigráfico del punto de sondeo SM05

9.6 Geomorfología (Relieve y Orografía)

El río Paraguay divide al país en dos regiones bien diferenciadas: el Gran Chaco o Región Occidental en el oeste y la Selva o Región Oriental en el este, más montañosa. El Gran Chaco forma parte - excepto en el extremo occidental - de una llanura aluvial que se extiende desde Paraguay hacia los países limítrofes y está cubierta de pastizales, pantanos y matorrales. La Selva está formada principalmente por la porción sur de la meseta del Paraná, elevación de 305 a 610 m de altitud, que constituye una cuenca donde se originan numerosos afluentes de los ríos Paraguay y Paraná; y por las suaves serranías integrantes del sistema brasileño que penetran en esta zona creando agrestes valles.

Al oeste, la planicie cae de manera precipitada hacia una región de colinas cubiertas de fértiles pastos que concluye en el río Paraguay. El sistema montañoso principal está integrado por las sierras y cordilleras de Amambay, Mbaracayú y Caaguazú, que presentan altitudes que raramente superan los 800 metros. Otro sistema cordillerano secundario, ubicado en el centro del país, está formado por la cordillera de los Altos, serranías de Ybytypanema y la llamada Cordillerita. Entre las cumbres más destacadas se cuentan los cerros Tres Kandú (842 m), Capii (816 m) y Però (815 m), todos ellos en el departamento de Guairá. Algunos autores consideran, no obstante, que el territorio paraguayo se estructura en tres regiones: las ya citadas del Chaco y la Selva, y la que denominan Campo, que se extiende por el sector más deprimido del valle del Paraguay y el tramo final de los cursos fluviales que en él desaguan, esto es, el área central y meridional del país.

A continuación, se presenta la caracterización geomorfológica de las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL.

9.6.1 Caracterización Regional (AII)

La mayor parte de la región Oriental posee un relieve ligeramente ondulado, con elevación que varía entre 50 y 750 metros sobre el nivel del mar, sus mayores sistemas orográficos las cordilleras de Amambay, Mbaracayú, Ybytyrusú y Caaguazú. El punto más alto es Cerro Pero (Cerro Tres Kandú), con 842 metros, ubicado en el IV Departamento del Guairá.

La región Occidental tiene una elevación media de 130 m sobre el nivel del mar y su máxima altura llega esporádicamente a 300 m y constituye una llanura plana, de formación aluvional de leve declive desde los contrafrentes andinos. La pendiente de esta vasta planicie al largo de más de 550 kilómetros es sólo del 1%, desde su punto más septentrional hacia el río Paraguay, conteniendo alturas aisladas que no pertenecen a ningún sistema, como Cerro León, Chovoreca y Jara y más cerca del río Paraguay el Olimpo, Celina, Confuso, Galván, Siete Cabezas y Desolación.

La siguiente figura muestra el mapa en relieve de Paraguay, destacando los puntos de mayor elevación.

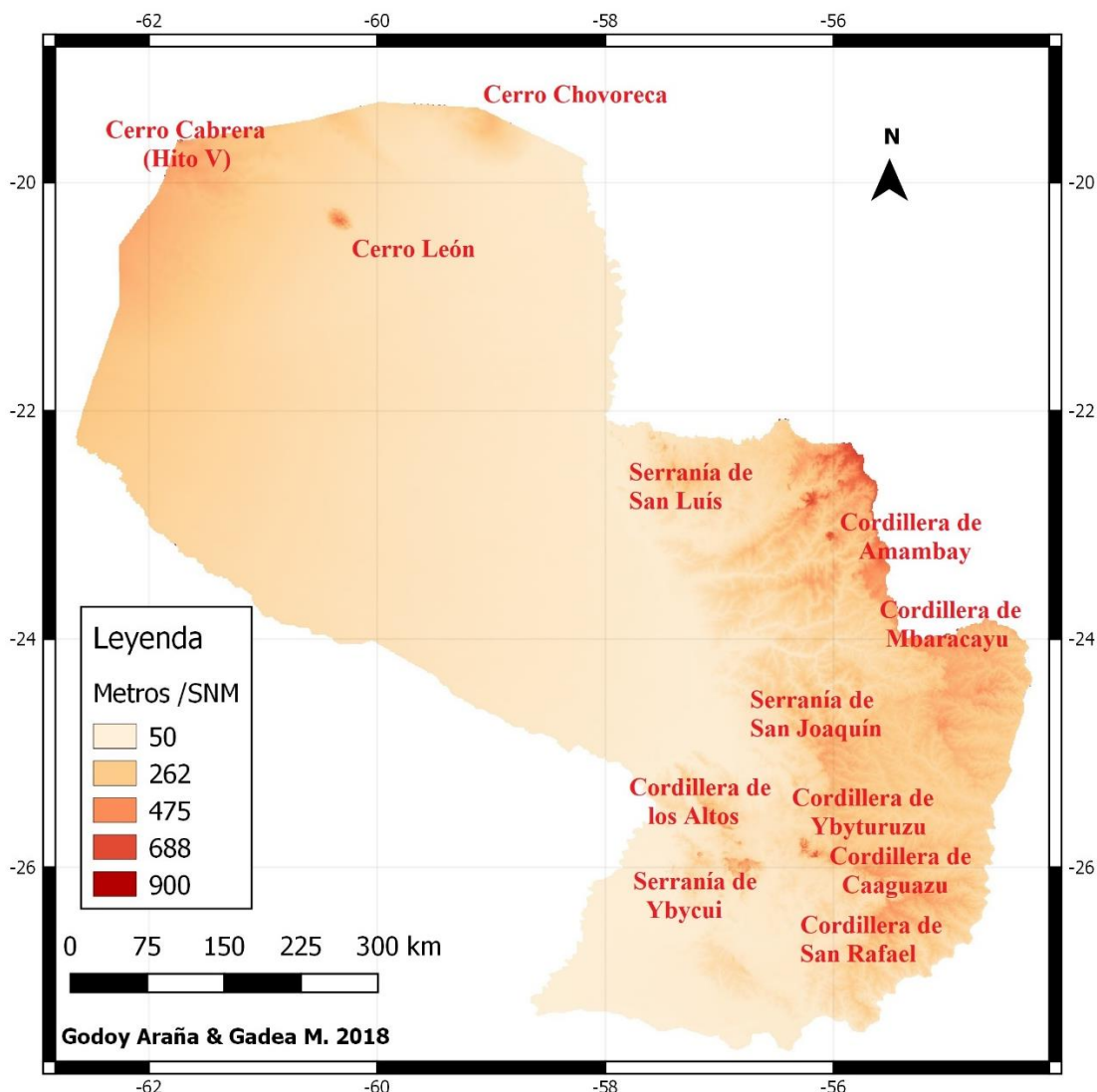


Figura 44 – Mapa de Relieve y Orografía del Paraguay. Fuente: Godoy Araña & Gadea (2018).

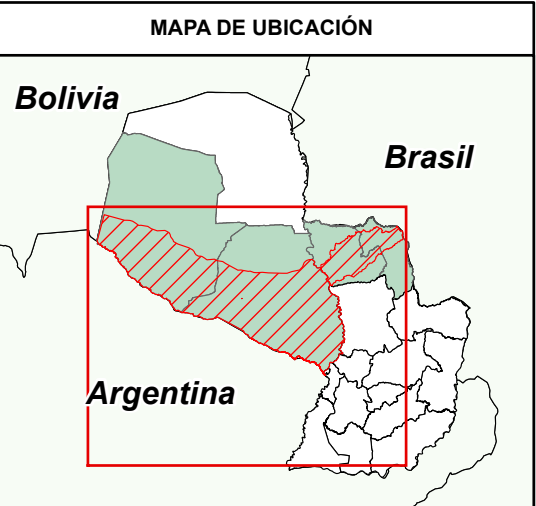
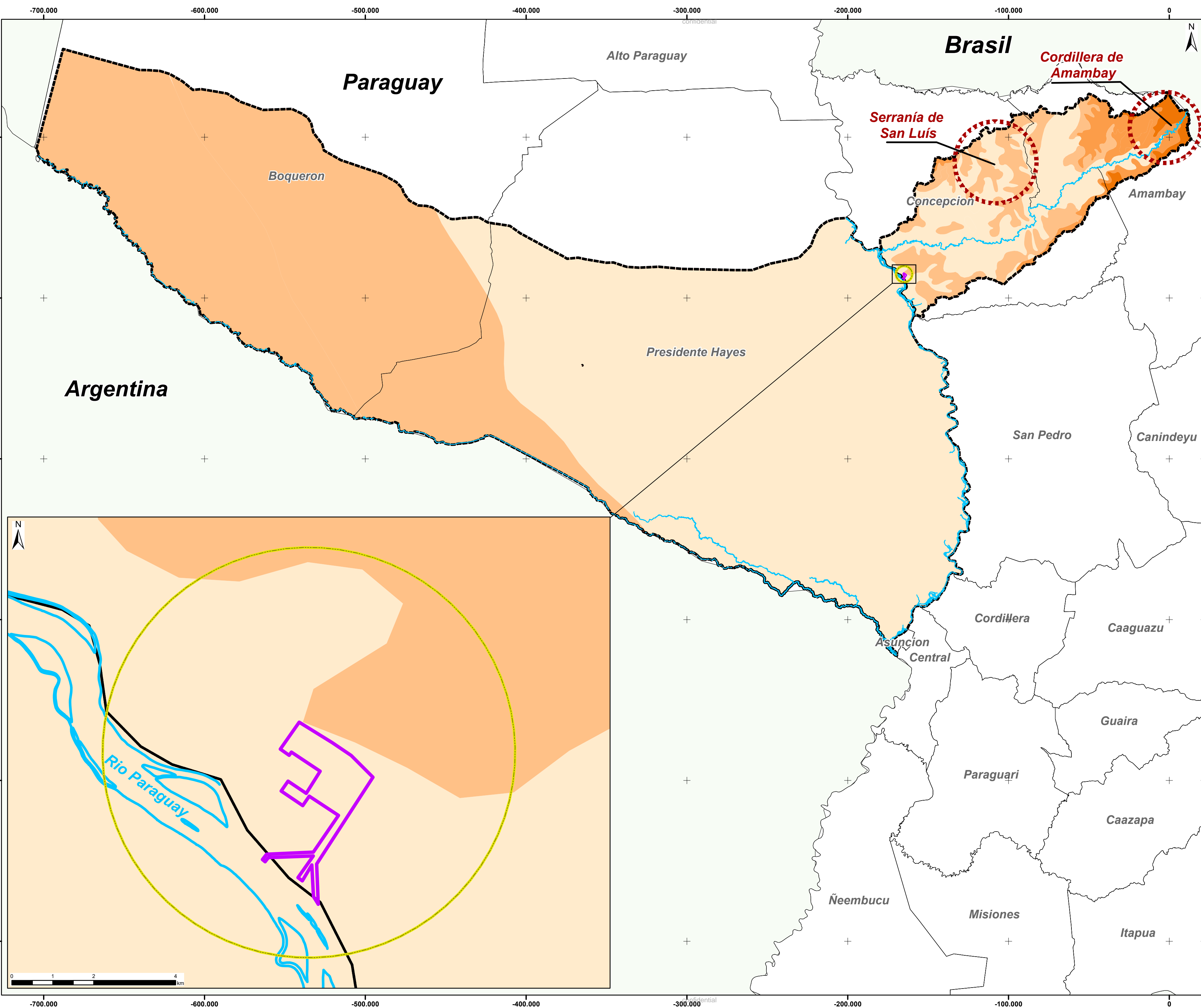
9.6.2 Caracterización Local (AID y ADA)

El relieve de las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL presenta planicies y valles, que son terrenos planos a casi planos que reciben las aguas de drenaje de los lugares altos, que son las lomadas y serranías.

El valle se encuentra flanqueado por lugares más altos y es más estrecho que largo, mientras que la planicie, llamado también llanura, es una superficie extensa tanto de ancho como de largo, más alejado de los lugares altos.

Según lo sitio Geología del Paraguay, en el Departamento de Concepción, en la Ruta N° 5, camino a Pedro Juan Caballero, se divisa el Cerro Memby, que geomorfológicamente, según sus características, se le asignaría el nombre de Butte (colinas aisladas con paredes escarpadas). Se constituye esencialmente por areniscas rojas del Triásico - Jurásico conocidas como las areniscas de la Formación Misiones. Para adquirir esta forma, tuvo que haber ocurrido una intensa remoción de material (erosión) en el transcurso del tiempo geológico.

A continuación, se presenta el mapa de relieve en relación con las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL (ADA, AID o AII). Además, se presentan los puntos de mayor elevación más representativos.



LEYENDA

~ Hidrografía

ADA - Área Directamente Afectada

AID - Área de Influencia Directa

AII - Área de Influencia Indirecta

Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Río Pilcomayo y Aquidaban)

Unidad Geomorfológica

Altitud (m/SNM)

50

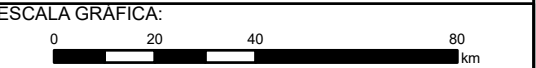
270

480

700

Departamentos

América del Sur



DATUM SIRGAS 2000
PROYECCION: UTM

FUENTE DE DATOS:
- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).
- Geología del Paraguay, 2020.
(<https://www.geologiadelparaguay.com.py>)



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Río Pilcomayo

RELIEVE Y UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

ESCALA:	1:1.500.000	FECHA:	08/05/2020
PROYECTO N°	Figura 3	FOLIA:	3/7
RESP. TÉCNICO:	Romualdo Hirata	FIRMA:	REV 0

9.7 Edafología (Suelos)

El suelo que observamos a nuestro alrededor ha llevado muchísimo tiempo, varios miles de años, en formarse y adquirir las características y propiedades que hoy tiene. La formación de los suelos depende de varios factores. En primer lugar cualquier suelo ha sido primero una roca sólida formada en épocas geológicas anteriores, y sobre la cual han venido actuando numerosos agentes de descomposición, como el agua, los gases de la atmósfera, los organismos vivos y sus restos. Estos agentes han actuado en forma conjunta y continúa a través de los años, rompiendo y pulverizando las rocas, liberando elementos químicos para formar nuevos compuestos y aportando restos orgánicos (humus). Las partículas de suelo, como la arena, el limo y la arcilla son los remanentes de aquella roca inicial. Las mismas, con el humus, albergan los elementos químicos esenciales para la nutrición de todas las plantas y por extensión a los animales que se alimentan de ellas, contribuyendo así con la formación de compuestos más complejos, iniciados por la fotosíntesis.

Como resultado de estas interacciones y teniendo en cuenta la gran diversidad de materiales geológicos (rocas y minerales) que existe en el planeta, se produjo una gran diversidad de tipos de suelos, cada una con características propias. El Paraguay posee una gran variedad de materiales geológicos, que ha dado lugar a una diversidad de suelos muy notoria. Todos estos suelos han sido clasificados e inventariados considerando las dos regiones naturales del país, la oriental y la occidental o chaco. Los suelos presentados en este capítulo agrupan los suelos de acuerdo a la fisiografía general donde se encuentran y a sus orígenes geológicos.

9.7.1 Caracterización Regional (AII)

Las dos regiones naturales del país pertenecen a cuencas geológicas bien diferenciadas: la región oriental forma parte de la gran cuenca geológica del Paraná, mientras que la región occidental o chaco se encuentra en la porción más boreal de otra gran cuenca geológica, la del chaco, denominado chaco paranaense. En la Figura abajo se presentan las dos cuencas geológicas y la ubicación del país en las mismas.

El desarrollo geológico y geomorfológico de estas cuencas dio como resultado condiciones edáficas (de suelo) muy variadas y que con los gradientes climáticos de precipitación y temperatura, acomodaron diferentes ecosistemas. Por su ubicación centro sur en el continente sudamericano y por encontrarse en dos cuencas geológicas de características muy diferentes, el territorio paraguayo se constituye en el lugar de encuentro de varios ecosistemas, como el Bosque Atlántico del Alto Paraná, el Cerrado, Bosques altos de la Selva Central, los campos bajos y humedales del Pantanal Chaqueño, los de la ribera del río Paraguay y los del Ñeembucú, las extensas sabanas hidromórficas del chaco deprimido y el bosque xerófito chaqueño, entre los principales.

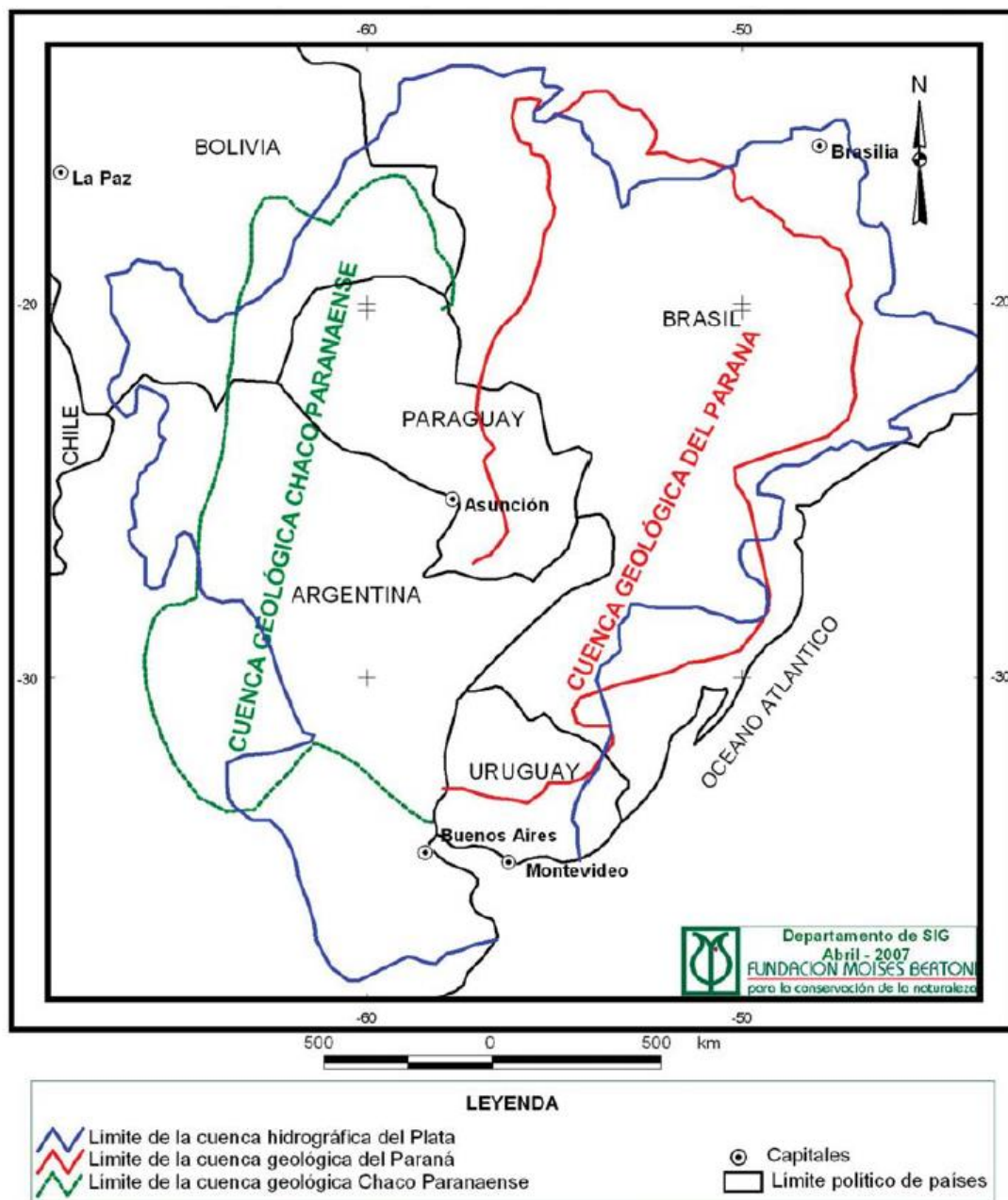


Figura 46 – Ubicación de Paraguay en cuencas geológicas y en la cuenca hidrográfica del Río de la Plata. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).

En la región oriental se encuentra el borde más occidental de la cuenca geológica del Paraná. Este borde sigue una línea de flexura situado al este del curso actual del río Paraguay, pudiéndose considerar a este río como la línea divisoria entre la cuenca geológica del Paraná y la cuenca geológica del Chaco, aunque porciones del Chaco penetra ligeramente en la región oriental y viceversa.

En la figura se presentan también los límites de la cuenca hidrográfica del río de la Plata, formada los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. La línea de la cuenca geológica es diferente a la línea de la cuenca hidrográfica, ilustrando así la diferencia entre cuenca geológica y cuenca hidrográfica.

El territorio nacional se encuentra como partido en partes casi iguales por las dos cuencas geológicas, lo que explica la división del país en sus dos regiones naturales: oriental y occidental. La descripción de los suelos que se realiza a continuación sigue esa separación de sus regiones naturales.

9.7.1.1 Región Oriental del Paraguay

De acuerdo con la Fundación Moisés Bertoni (2007), el mapa abajo orienta al considerar la fisiografía de la región oriental en primer lugar y el origen geológico de los suelos, en segundo lugar. El mapa ha sido adaptado del Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental (López, O. et al, 1995) al Sistema de Leyenda Revisada de Suelos de la FAO (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas), del año 1990, que es la clasificación oficial de los suelos del mundo. Se utilizó como base, las unidades cartográficas del Mapa Geológico del Paraguay (Fúlfaro, V.J. y D. Alvarenga, 1986).

Por fisiografía se entiende el relieve natural que tiene el terreno, como ser serranía, lomada, valle y planicie.

9.7.1.2 Región Occidental del Paraguay

Las características físicas de la región occidental o chaco paraguayo son muy diferentes a las de la región oriental, a tal punto que a pesar de poseer el 61 % de la superficie del país alberga sólo alrededor del 2% de la población humana y produce el 3% de los cultivos agrícolas. Es, sin embargo, una gran productora de ganado bovino y mantiene aún masas continuas de bosque xerófito (FUNDACIÓN MOISÉS BERTONI, 2007).

El chaco paraguayo se encuentra totalmente en la parte boreal de la gran cuenca geológica del chaco paranaense. Esta cuenca geológica tiene límites difusos, determinada por la propia naturaleza de una cuenca muy extensa geográficamente, formada por activos períodos geológicos. Es una región que no ha sido estudiada con el detalle de la región oriental, pero se ha adquirido ciertos conocimientos que permite su caracterización. Su fisiografía general corresponde a una vasta planicie o llanura, cuya pendiente general pasa desapercibida al ojo humano, salvo en determinadas zonas hacia la frontera con Bolivia. La inclinación de esta planicie se dirige hacia el río Paraguay, colector común de las aguas de los cursos de agua existentes. A pesar de su aparente uniformidad, es posible distinguir varias subregiones (Mapa de Subregiones del Chaco, 1986), con características de suelo relacionadas a su pasado geológico y su fisiografía actual.

La figura que se presenta a continuación es una adaptación del Mapa de Suelos de la Región Occidental (Hoffman, R. et al, 1999) y del Mapa Geológico del Paraguay (Fúlfaro, V.J. y D. Alvarenga, 1986).

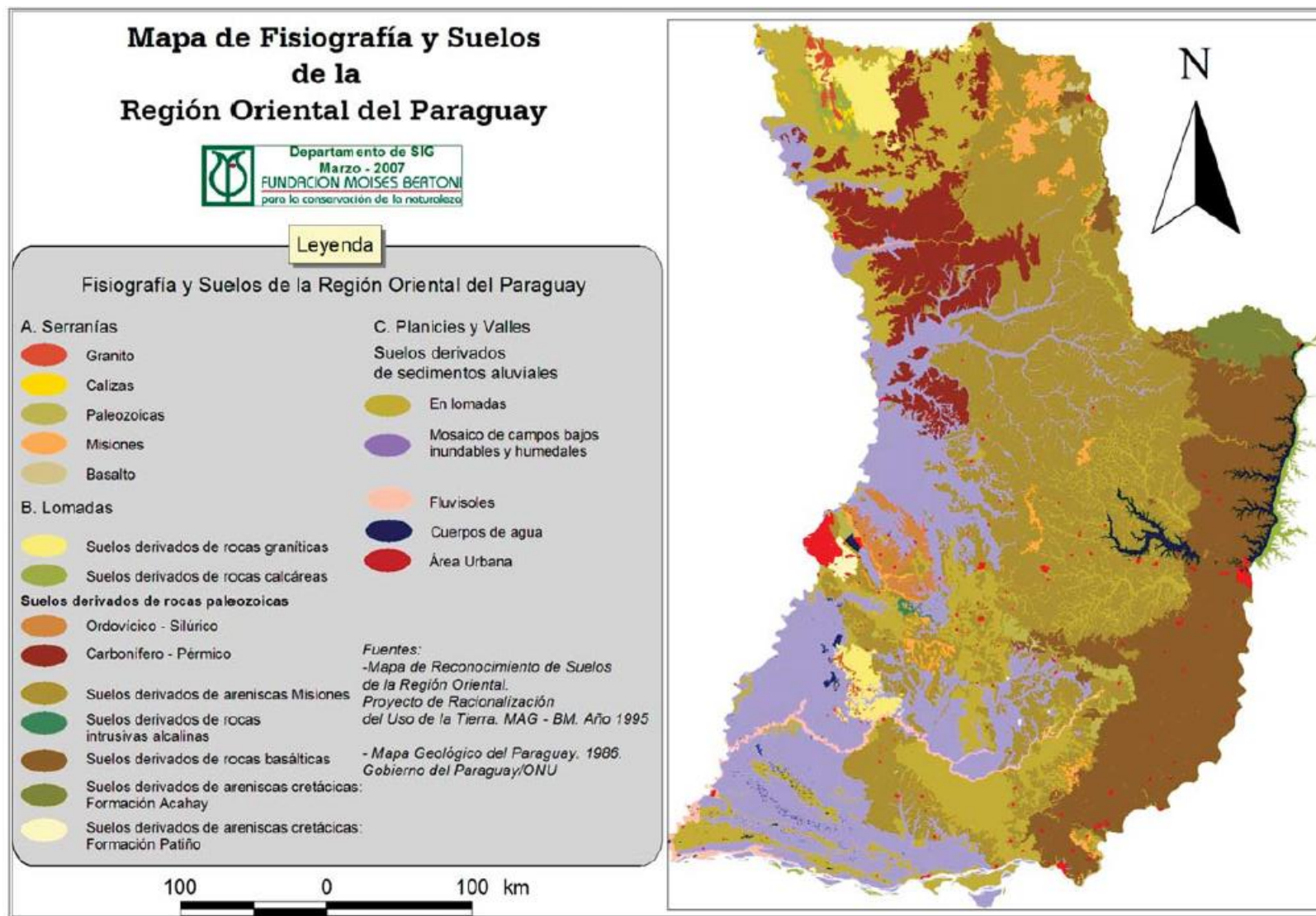


Figura 47 – Mapa de fisiografía y suelos de la Región Oriental del Paraguay. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).

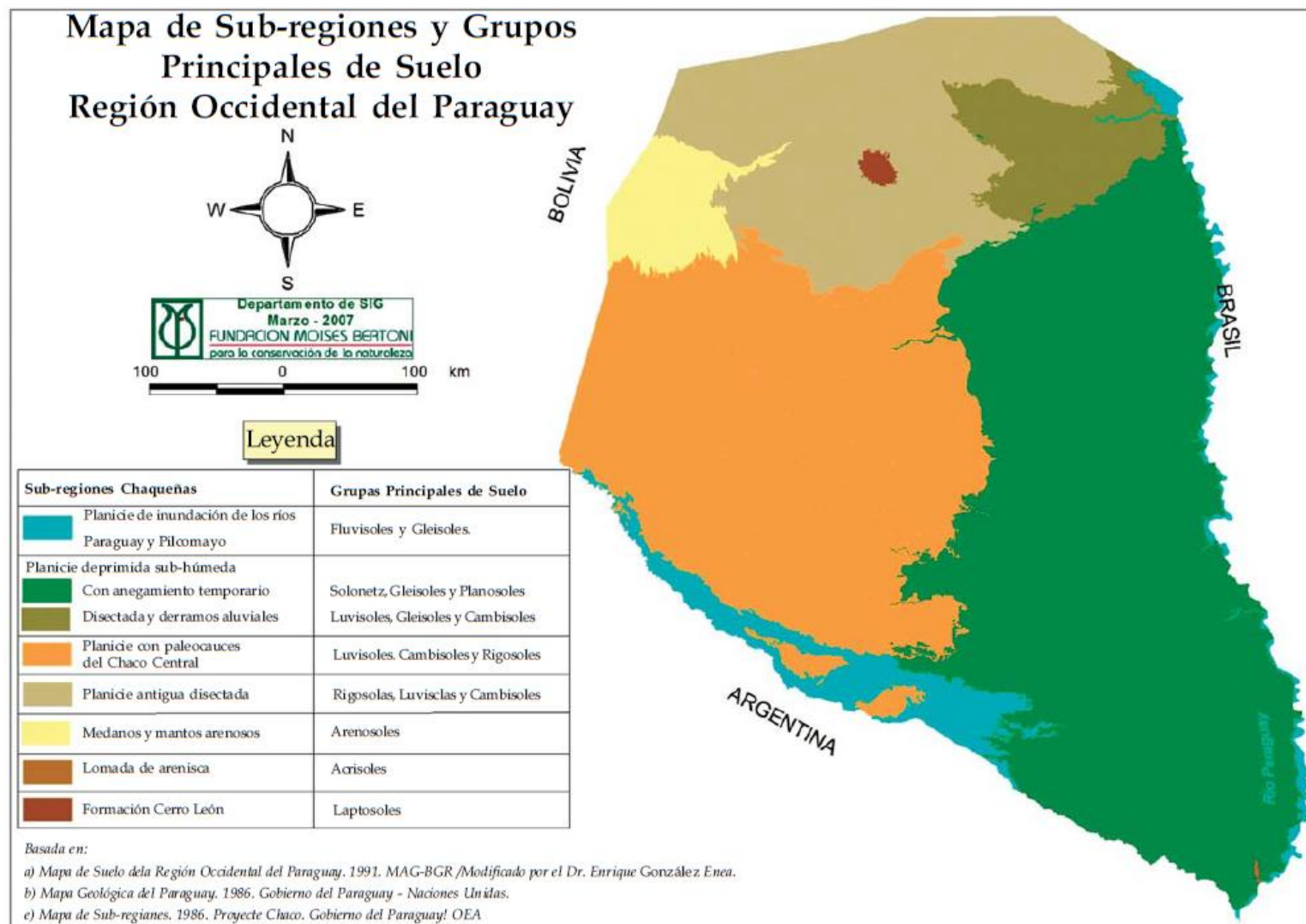


Figura 48 – Mapa de fisiografía y suelos de la Región Occidental del Paraguay. Fuente: Fundación Moisés Bertoni (2007).

9.7.2 Caracterización Local (AID y ADA)

Los suelos del Paraguay son fértiles en el Chaco y de mediana fertilidad en la región Oriental, predominando los Suelos Podzólicos (Ultisoles), Tierras Rojas Estructuradas (Oxisoles y Alfisoles), Planosoles (Alfisoles), Arenas Cuarzosas y Litosoles (Entisoles) y Solonetz (Aridisoles).

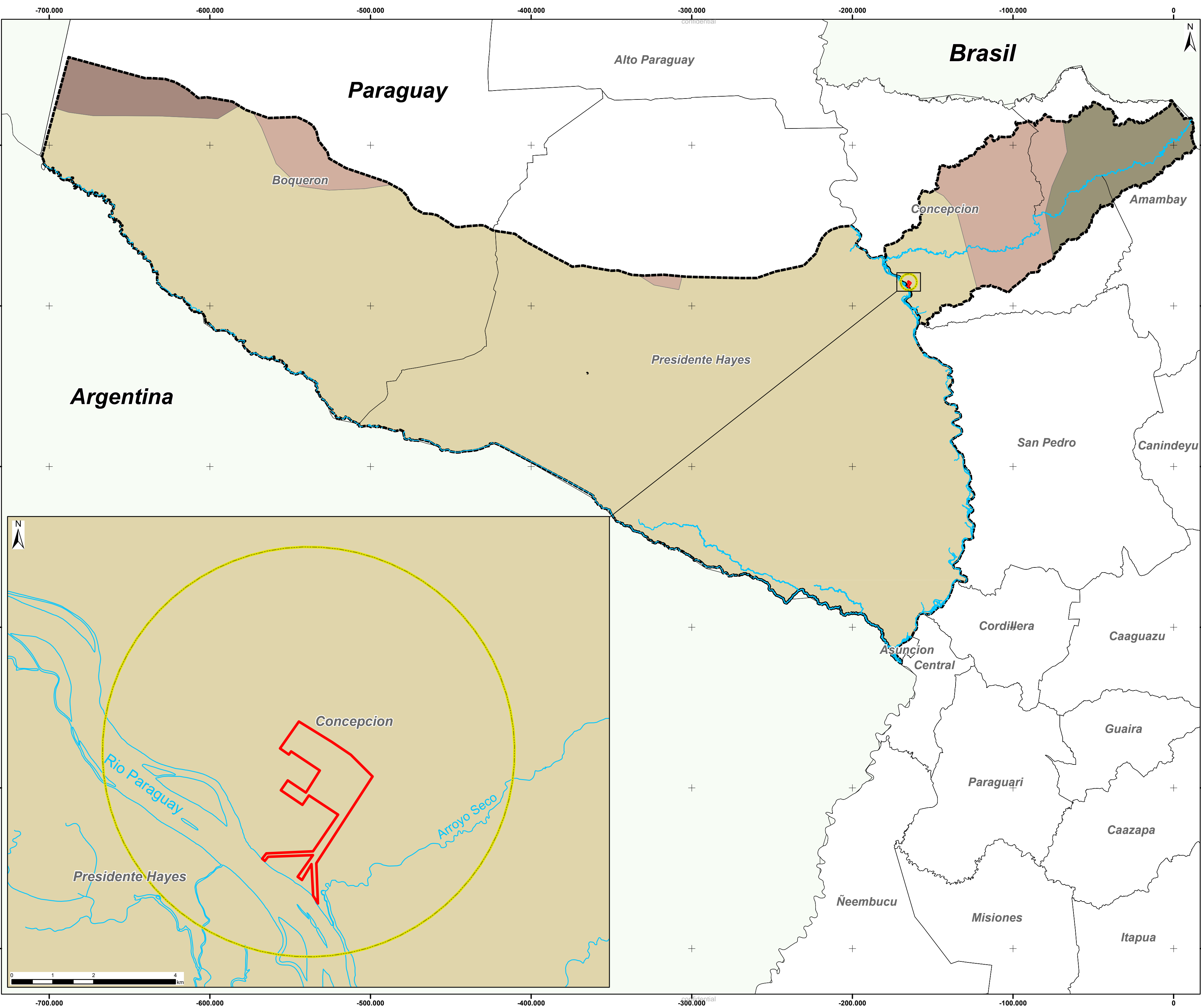
La aptitud de los suelos de la región Oriental es predominantemente agrícola, mientras que en la región Occidental o Chaco es predominantemente pastoril, existiendo tierras de aptitud forestal y para la conservación ambiental en las dos regiones del país.

Las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL presentan básicamente dos tipos de suelos: arenoso y arcilloso (figura debajo).

Los suelos arenosos, aptos para la explotación forestal. Normalmente, esta clase de suelo tiene poca capacidad para retener agua, aunque puede mejorar dependiendo de la concentración de materia orgánica que posea. La erosión por agua tiene efectos devastadores sobre el suelo arenoso.

Los suelos arcillosos son más duros y pesados, de color rojo oscuro que cuando se mojan quedan extremadamente resbalosos precisamente debido a su capacidad para retener el agua. Los suelos arcillosos son excelentes para la producción agrícola, al ser menos propensos a la erosión, así mismo los suelos franco-arcillosos -mezcla de arena y arcilla- son aptos también para la agricultura. La peculiaridad más resaltante de este tipo de suelo es la superposición de sedimentos arenosos y de marga blanca y granulosa. Las rocas ígneas proceden de las profundidades de la tierra y llegaron fundidas a la superficie. Las rocas sedimentarias fueron formadas de arcilla merced a la presión de las capas terrestres.

Específicamente en las riberas de los ríos Paraguay en la región oriental y el Pilcomayo en la región occidental están formados aportes y deposiciones periódicas de los materiales aluviales transportados por estos cursos de agua, lo que se refleja en la variedad de las sucesivas camadas de suelo que se van acumulando. El contenido de la materia orgánica es, asimismo, muy variable de una camada a la otra. No son suelos estables para el uso agrícola, por el peligro constante de inundaciones, y se encuentra con vegetación de gramíneas y especies de lugares húmedos. Se los utiliza en ganadería extensiva.



MAPA DE UBICACIÓN

LEYENDA

Hidrografía

ADA - Área Directamente Afectada

AID - Área de Influencia Directa

AII - Área de Influencia Indirecta

Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Río Pilcomayo y Aquidaban)

Tipos de Suelo

Mezcla de suelos residuales y transportados arcillo limosas, arenolimosas

Suelos arenosos finos a medios

Suelos de planicies de inundación transportados, predominantemente arcillosos

Suelos eólicos transportados en general, arenas finas

Departamentos

América del Sur

ESCALA GRÁFICA:

DATUM SIRGAS 2000
PROYECCION: UTM

FUENTE DE DATOS:
- Geología del Paraguay, 2020.
(<http://www.geologiadelparaguay.com.py>)

PARACEL

PÖYRY

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Río Pilcomayo

PEDOLOGÍA

ESCALA: 1:1.500.000	FECHA: 07/05/2020
PROYECCION: Figura 3	FOLIA: 3/5
FORMATO: A2	REV: 0

RESP. TÉCNICO: Romualdo Hirata

9.8 Espeleología

De acuerdo con Warnes (2002), en el extremo Noreste del Depto. de Concepción, en la frontera con la República Federativa Del Brasil, encontramos la mayor área cárstica del Paraguay, la misma se extiende por 1070 km² dentro del departamento, formando parte de la eco región Aquidabán, en dicha zona se asientan dos Áreas silvestres Protegidas Parque Nacional Sierras de San Luis y la Reserva de Recursos Manejados Paso Bravo.

Esta área representa el único paisaje Cárstico del Paraguay, con características bien definidas y típicas de este tipo de geografía, es un área sumamente rica y de gran diversidad Biológica donde se encuentran la mayoría de los fenómenos típicos de este tipo de terrenos: Cuevas, Cavernas, Lenares, Sumideros, Dolinas, Carcavas, en dicha zona se conjugan la mayoría de los elementos necesarios para poder definir con certeza la región como el Paisaje Cárstico más importante del Paraguay.

Las leyes ambientales del Paraguay protegen los recursos naturales defendiendo con esto el patrimonio turístico-científico. Existe la Resolución n° 4577/2011 que declara área silvestre protegida bajo la categoría de monumento natural a varias áreas denominadas cavernas, localizadas en la zona de Vallemi, Departamento Concepción. La figura presentada a continuación muestra las áreas delimitadas por la Resolución n° 4577/2011, mencionada anteriormente.

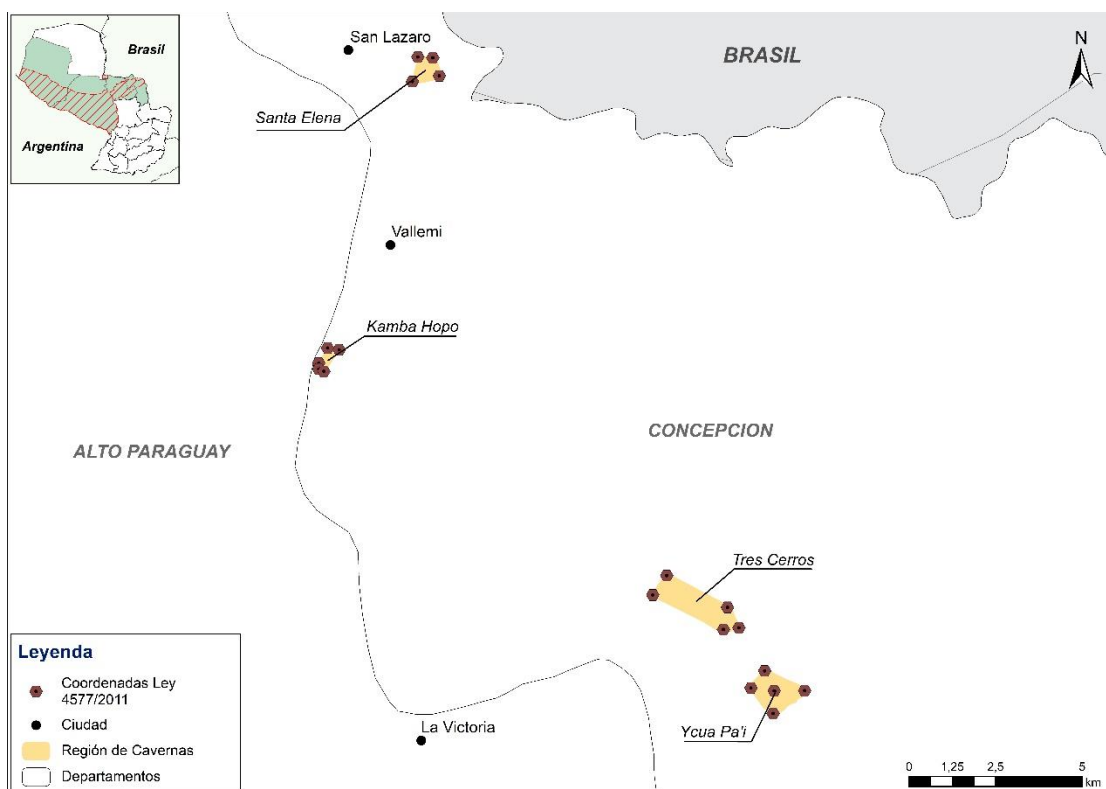
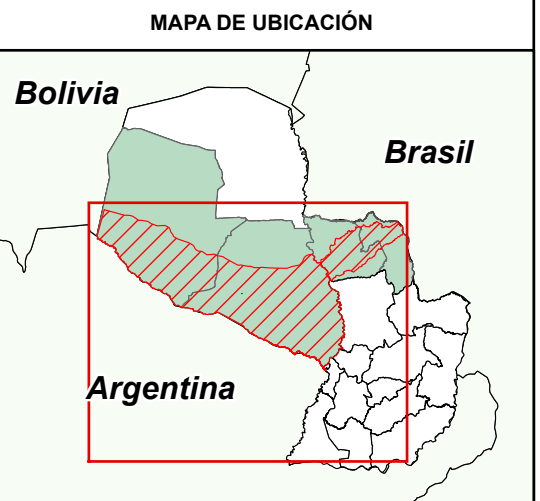
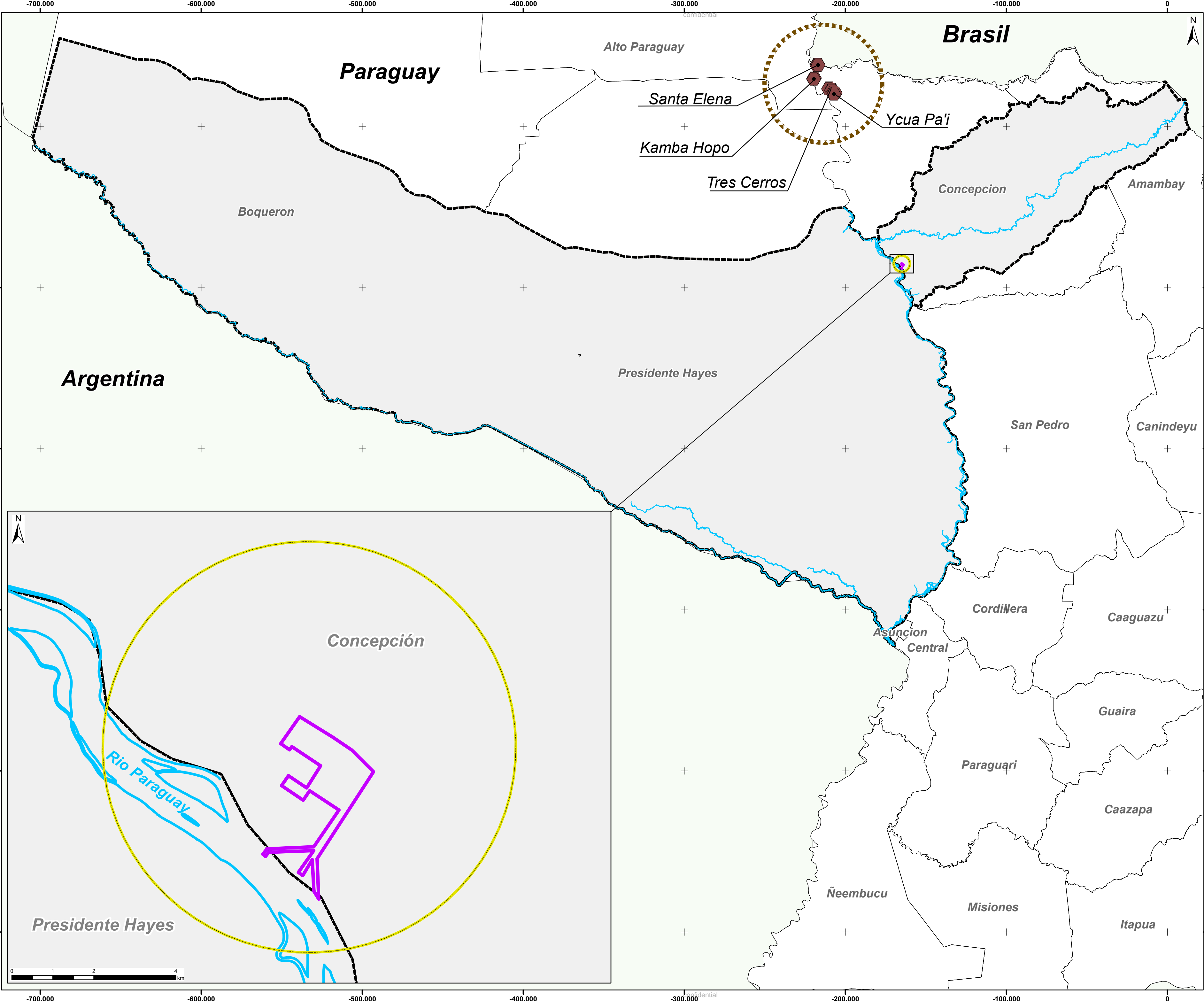
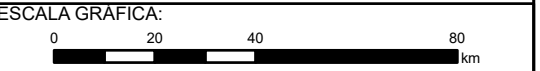


Figura 50 – Ubicación de las cavernas según la Resolución n°4577/2011.

A continuación, se presenta la ubicación de estas cuevas en relación con las áreas de influencia de la fábrica de celulosa de PARACEL. Por lo tanto, la región de las cavernas no está incluidas en las áreas de influencia (ADA, AID o AII). Es de destacar que la caverna más cercana (Ycua Pa'i) está a 115 km al noroeste del área de la futura fábrica.



- LEYENDA
- Cavernas
 - Hidrografía
 - ADA - Área Directamente
 - AID - Área de Influencia
 - AII - Área de Influencia Indirecta
 - Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Río Pilcomayo y Aquidaban)
 - Región de Cavernas
 - Departamentos
 - América del Sur



DATUM SIRGAS 2000
PROYECCIÓN: UTM

FUENTE DE DATOS:
- Ley N° 4577, 2011.
- Geología del Paraguay, 2020.
(<https://www.geologiadelparaguay.com.py>)



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Río Pilcomayo

ESPELEOLOGÍA

ESCALA:	1:1.500.000	FECHA:	14/05/2020
PROYECTO N°	Figura 3	FOLIA:	3/7
RESP. TÉCNICO:	Romualdo Hirata	FIRMA:	REV. 0

9.9 Hidrología (Recursos Hídricos Superficiales)

El territorio paraguayo pertenece en su totalidad a la gran cuenca del Río de la Plata, una de las corrientes de mayor envergadura en el hemisferio americano, así como en todo el orbe, por la extensión, por los caudales que produce, y por sus recursos naturales (PMCIC, 2014).

La Cuenca del Plata es, por su extensión geográfica y por el caudal de sus ríos, una de las más importantes del mundo. Su importancia radica también en que se trata de un territorio compartido por cinco países (CIC, 2020).

Con sus 3,1 millones de kilómetros cuadrados, la Cuenca del Plata ocupa la quinta parte de Sudamérica, abarcando territorios de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, como visto en la figura siguiente (CIC, 2020).

Las aguas de dos grandes ríos confluyen en el Río de la Plata: el Paraná y el Uruguay que, a su vez, recogen el caudal de otros ríos muy importantes, como el Paraguay, el Bermejo, el Pilcomayo y el Iguazú, entre muchos otros (CIC, 2020).

A través de su ancha desembocadura en el océano Atlántico, la Cuenca del Plata entrega al mar un caudal de 25.000 m³/s.

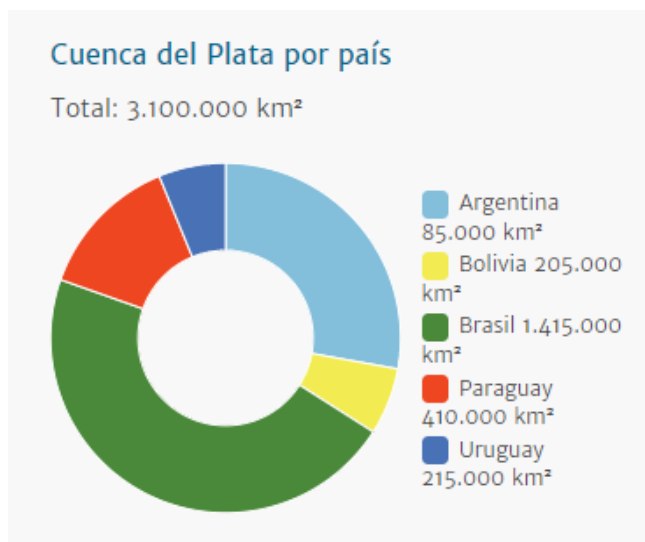


Figura 52 – Cuenca del Plata por país. Fuente: CIC (2020).

Gestión de los Recursos Hídricos

Así, en Paraguay, la preocupación por los recursos hídricos se evidencia por el extenso marco legal, entre los que se encuentran la Resolución SEAM n° 222/2002 (Patrón de la Calidad de Agua en Todo el Territorio Nacional), la Resolución SEAM n° 50/2006 (Gestión Nacional de Recursos Hídricos), la Resolución SEAM n° 255/2006 (Clasificación de Todas las Aguas del Paraguay en la Clase 2) y Ley n° 3239/2007 (Recursos Hídricos del Paraguay).

De acuerdo con la Ley n° 3239/2007, la gestión integral y sustentable de los recursos hídricos del Paraguay se rige por los siguientes Principios:

- Las aguas, superficiales y subterráneas, son propiedad de dominio público del Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible.

- b) El acceso, al agua para la satisfacción de las necesidades básicas es un derecho humano y debe ser garantizado por el Estado, en cantidad y calidad adecuada.
- c) Los recursos hídricos poseen usos y funciones múltiples y tal característica deberá ser adecuadamente atendida, respetando el ciclo hidrológico, y favoreciendo siempre en primera instancia el uso para consumo de la población humana.
- d) La unidad hidrográfica es la unidad básica de gestión de los recursos hídricos.
- e) El agua es un bien natural condicionante de la supervivencia de todo ser vivo y los ecosistemas que los acogen.
- f) Los recursos hídricos son un bien finito y vulnerable.
- g) Los recursos hídricos poseen un valor social, ambiental y económico.
- h) La gestión de los recursos hídricos debe darse en el marco del desarrollo sustentable, debe ser descentralizada, participativa y con perspectiva de género.
- i) El Estado paraguayo posee la función intransferible e indelegable de la propiedad y guarda de los recursos hídricos nacionales.

La gestión de los recursos hídricos en el Paraguay ocurre a través de las unidades hidrográficas, que son las unidades básicas de gestión, de acuerdo con la Ley n° 3239/2007.

En el Paraguay, hay 19 Unidades Hidrográficas (figura 53) clasificadas en dos regiones: la Región Occidental y la Región Oriental, de acuerdo con la Resolución n° 376/2012.

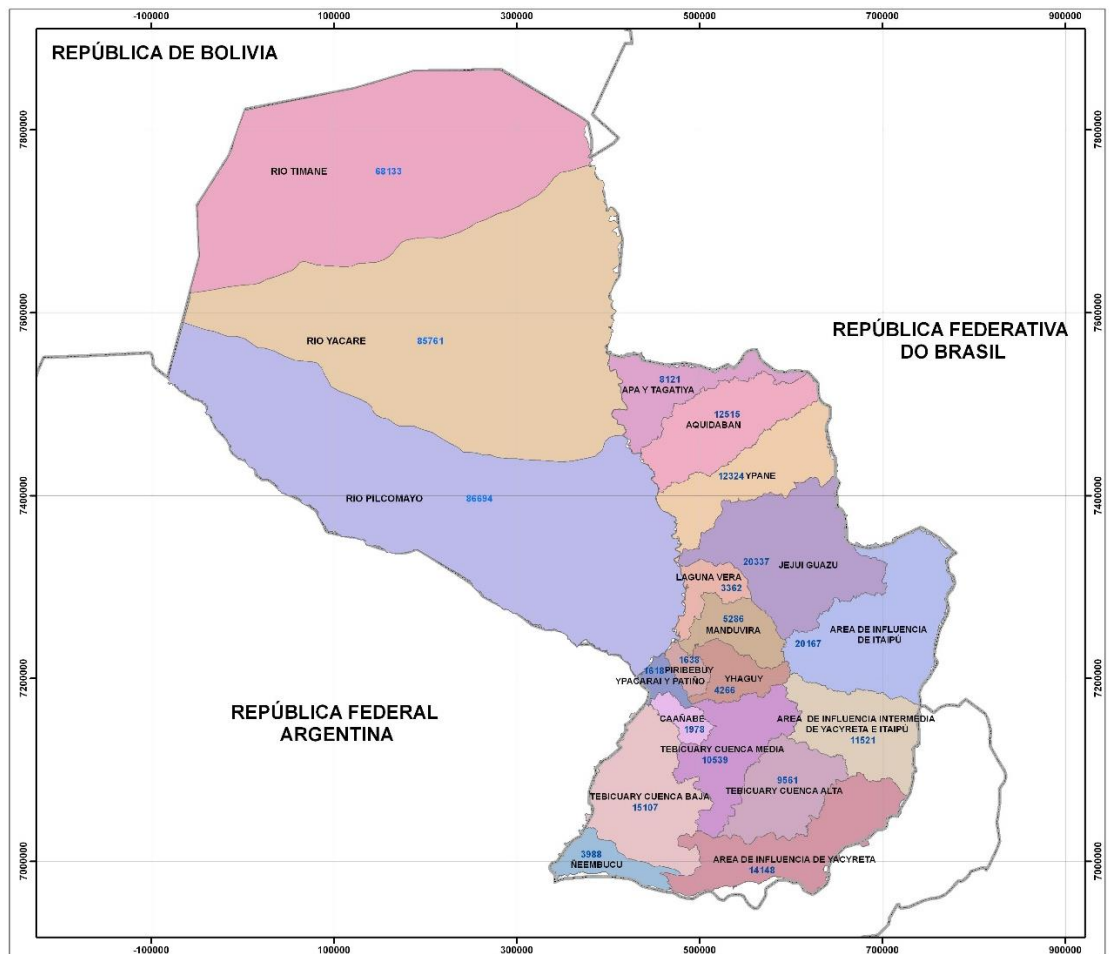


Figura 53 – Unidades Hidrográficas del Paraguay. Fuente: MADES (2020).

En la tabla siguiente son presentadas las características (región, nombre y área) de las Unidades Hidrográficas del Paraguay.

Tabla 6 – Unidades Hidrográficas del Paraguay

Región	Nombre	Área (km ²)
Oriental	Apa y Tagatiya	8.121
	Aquidabán	12.515
	Área de Influencia Intermedia de Yacyreta e Itaipu	11.521
	Área de Influencia de Itaipu	20.167
	Área de Influencia de Yacyreta	14.148
	Caanabe	1.978
	Jeui Guazu	20.337
	Laguna Vera	3.362
	Oriental Manduvirá	~ 5.286
	Neembucú	~ 3.988
	Piribebuy	1.638
	Tebicuary Cuenca Alta	9.561
	Tebicuary Cuenca Baja	15.107
	Tebicuary Cuenca Media	10.539
	Yhaguy	4.266
	Ypacaraí y Patinc	1.618
	Ypané	12.324
Occidental	Rio Pilcomayo	86.694
	Rio Yacaré	85.761
	Rio Timme	68.133

Fuente: Resolución SEAM n° 376/2012.

La ubicación planificada para la implementación de la fábrica de celulosa de PARACEL será en Concepción, cerca del Río Paraguay. Para EIAp/RIMA, las unidades hidrográficas de Aquidabán y Río Pilcomayo fueron adoptadas como un área de influencia indirecta. De esta manera, estas unidades hidrográficas se abordarán en este capítulo sobre recursos hídricos.

La siguiente figura muestra la ubicación de la futura fábrica de celulosa de PARACEL en el mapa de recursos hídricos.

9.9.1 Caracterización Regional (AII)

9.9.1.1 Unidad Hidrográfica Aquidabán

La cuenca del Río Aquidabán tiene una superficie de aproximadamente 1.254,812 ha (SEAM & DIGESA, 2006), dentro de los departamentos de Amambay y Concepción, y desemboca en el Río Paraguay al norte de la ciudad de Concepción, como ilustrado en la figura siguiente.

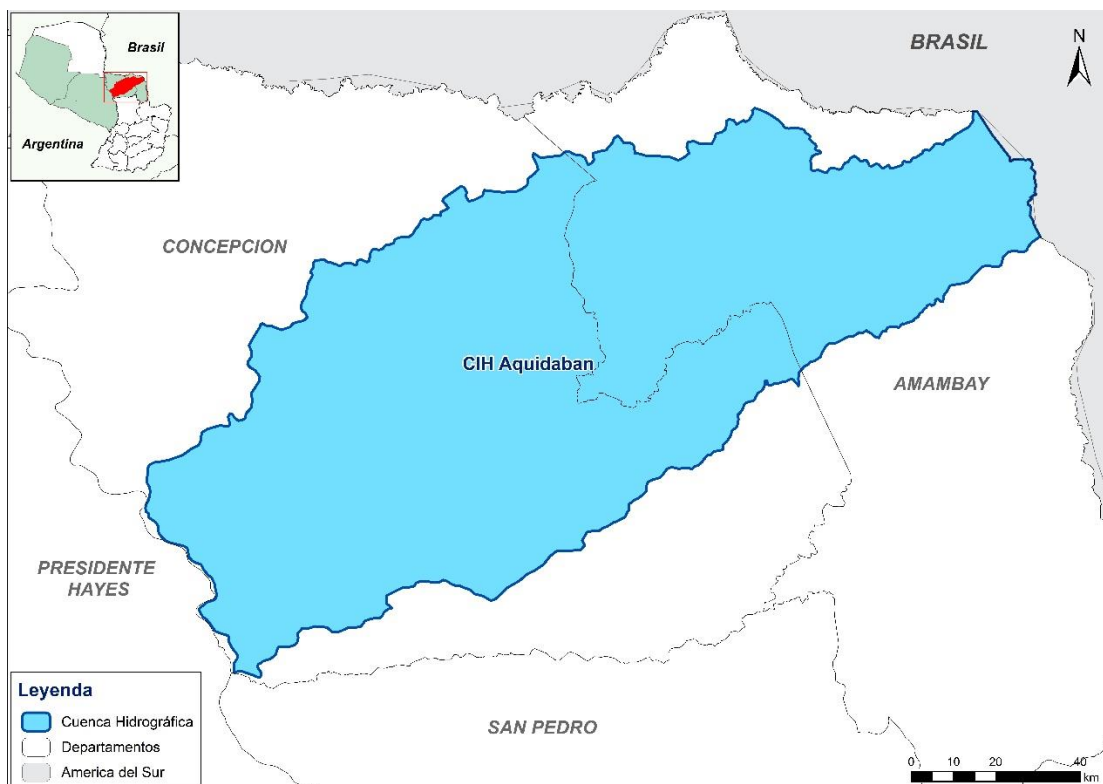


Figura 55 – Mapa de la Unidad Hidrográfica Aquidabán.

La cuenca es 59,3% ocupada por ganadería y 28,6% por bosque, que comprende aproximadamente 87,9% de toda el área de la cuenca. Los pequeños productores rurales ocupan 7,6% del área de la cuenca, el cultivo mecanizado 2,6%, áreas inundables 1,6% y el agua y la ciudad ocupan aproximadamente 0,1%, como presentado la tabla siguiente.

Con respecto a las cargas contaminantes, existen tres distritos con una población total de 36.150 habitantes, de la cual 19 % residen en área urbana, lo que constituye el potencial contribuyente de cargas sanitarias. La carga difusa proveniente de áreas agrícolas, las mismas son de 2 a 10 veces mayores en relación con las cargas sanitarias. Con relación a cargas industriales, no se encuentran significativas fuentes en esta cuenca (SEAM & DIGESA, 2006).

Tabla 7 – Ocupaciones de la cuenca del Río Aquidabán

Cultivo mecanizado	Ganadería	Bosque	Agua	Mini-fundiarias	Inundable	Ciudad	Total
32,408	744,261	359,133	1,810	95,613	20,042	1,810	1,254,812
2,6%	59,3%	28,6%	0,1%	7,6%	1,6%	0,1%	100,0%

Fuente: SEAM & DIGESA (2006).

**Figura 56 – Ocupación de la cuenca del Río Aquidabán.**

El Río Aquidabán nace en la cordillera de Amambay tras recorrer aproximadamente 250 km a través de los departamentos de Amambay y Concepción, en el sentido este a oeste. Este río es afluente del Río Paraguay y su desembocadura ocurre al norte de la ciudad de Concepción a 35 km de la región central. Sus principales afluentes son los Ríos Trementina y Negla.

El Río Aquidabán así como todos los recursos de agua superficial de Paraguay están clasificados como un río de Clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM n° 255/2006.

La característica relevante del agua de este río se resume en la relativa alta concentración de sólidos totales y disueltos, dependiendo de la época de colecta, además la presencia de significativos tenores de nutrientes. La causa de valor alto de sólidos puede ser atribuida, principalmente, por las cargas difusas recurrentes de actividades agrícolas, acarreando, también, nitrógeno y fósforo que son componentes de fertilizantes químicos. La variación de concentración, especialmente, de sólidos está íntimamente correlacionado con la precipitación registrada (SEAM & DIGESA, 2006).

9.9.1.2 Unidad Hidrográfica Río Pilcomayo

La cuenca del río Pilcomayo, perteneciente al sistema de la Cuenca del Plata, con una superficie de aproximadamente 290.000 km², abarca una importante región de recursos naturales de Latinoamérica, compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay, con una población estimada de 1.500.000 habitantes (CTDCRP, 2020).

La distribución espacial es Cuenca alta, media y baja de Noroeste a Sureste. Un 44% del área total de la Cuenca se encuentra en Paraguay, el 31% en Bolivia y el 25% en Argentina, como ilustrado en figura siguiente (CTDCRP, 2020).



Figura 57 – Mapa de la Unidad Hidrográfica Río Pilcomayo.

En la Cuenca Alta el Pilcomayo es un río de montaña que al abandonar los Andes (o "subandinos") en la ciudad de Villa Montes, entra en la planicie del Chaco, en dirección sureste en sentido del flujo, extendiéndose unos 1.000 km hasta el río Paraguay (de los cuales 835 km son frontera entre Argentina y Paraguay). En este tramo se convierte en un río de llanura (CTDCRP, 2020).

El llamado "Pilcomayo inferior", es uno de los numerosos riachos que drenan el Chaco y desembocan en el río Paraguay, parece hidrológicamente desconectado del río superior. Otra de sus singularidades es que en ese curso llano (el Chaco de Paraguay y Argentina) el río se pierde, es decir no desemboca directamente en el río Paraguay. Esto ocurre por la sedimentación o atarquinamiento (CTDCRP, 2020).

El río Pilcomayo en llanura constituye uno de los mejores ejemplos de mega-abanico fluvial, frecuentes en las faldas orientales de los Andes en América del Sur. Es también el mayor de ellos (>200.000 km²) y el único del mundo que presenta el fenómeno de extinción del cauce por atarquinamiento. No se trata simplemente de un río endorreico cuyas aguas desaparezcan en algún punto, de lo cual sí hay ejemplos en el mundo, sino que en el lugar en que el río desaparece todavía fluye un caudal notable que se extiende formando bañados (CTDCRP, 2020).

El Río Pilcomayo así como todos los recursos de agua superficial de Paraguay están clasificados como un río de Clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM n° 255/2006.

Las altas cuencas de los ríos Bermejo y Pilcomayo son responsables por la mayor parte de la producción de sedimentos en Cuenca del Plata, la causa principal de la necesidad de clarificación del agua para consumo de las ciudades ribereñas, se depositan en los canales navegables y ocasionan el progresivo avance del Delta del río Paraná sobre el Río de la Plata. Otro proceso determinante en los fenómenos de producción y transporte de sedimentos está relacionado con las actividades antrópicas de uso del suelo (CIC, 2017).

El río Pilcomayo tiene un caudal medio anual de 203 m³/s y un aporte anual de sedimentos del mismo orden de magnitud que el Bermejo, pero no dispone de suficiente energía para transportar su carga sólida hasta el río Paraguay (CIC, 2017).

La cuenca del río Pilcomayo es particularmente crítica por la contaminación minera de siglos en la alta cuenca, con presencia de importantes pasivos ambientales.

9.9.1.3 Humedales

Todavía en el contexto de los recursos hídricos los humedales son importantes ecosistemas, protegidos por la Convención Ramsar, una Convención sobre Humedales de importancia internacional, que es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la acción nacional y la Cooperación Internacional para la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos (PMCIC, 2014).

Las características de los recursos naturales de la Cuenca del Plata indica que los humedales representan los principales ecosistemas de la región (PMCIC, 2014).

La Cuenca del Plata alberga el sistema de humedales fluviales más extenso del planeta, con casi 3.500 km² de extensión, conformado por un corredor de humedales conectados por el eje de los grandes ríos Paraguay, Paraná y de la Plata (CIC, 2017).

El Paraguay cuenta con grandes áreas de humedales como el Pantanal Paraguay, las Lagunas del Chaco Central, las Lagunas del Chaco Húmedo, los humedales del Cerrado, los pertenecientes a Arroyos y Esteros, los del Bosque Atlántico, el bañado de Ñeembucú, y los pastizales inundados (PMCIC, 2014).

Estas áreas de humedales se reconocen como ecosistemas altamente productivos y uno de los indicadores más obvio de su riqueza y diversidad son las aves de humedales; estas aves constituyen un recurso natural de gran valor intrínseco humano y ecológico, a través de la historia han aparecido prominentemente en la cultura humana, como fuente de alimentación u ornamentación como también en el sentido folklórico (PMCIC, 2014).

Estos ecosistemas cumplen funciones sumamente importantes tales como: reserva y purificación de agua, amortiguación de inundaciones, sumideros de carbono, sitios acumuladores y/o exportadores de sedimentos, de materia orgánica y de nutrientes. Además, juegan un papel crítico en el ciclo de vida de numerosas especies de fauna y flora y sustentan cadenas tróficas de ecosistemas vecinos (PMCIC, 2014).

Actualmente Paraguay cuenta con 6 sitios Ramsar o Humedales de importancia Internacional que cubren 785.970 hectáreas y se espera la designación de la Bahía de Asunción con una extensión de 2.585 hectáreas (PMCIC, 2014).

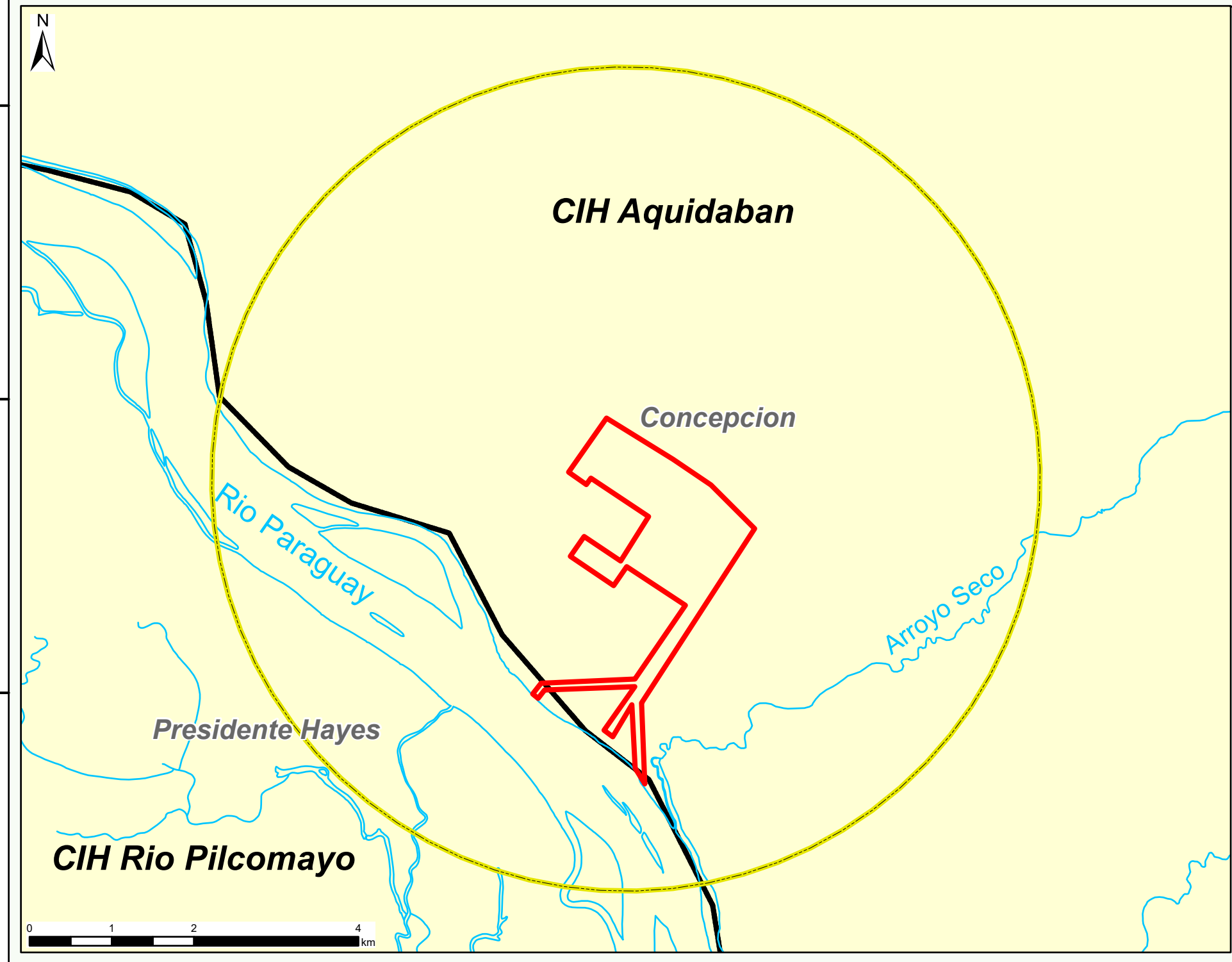
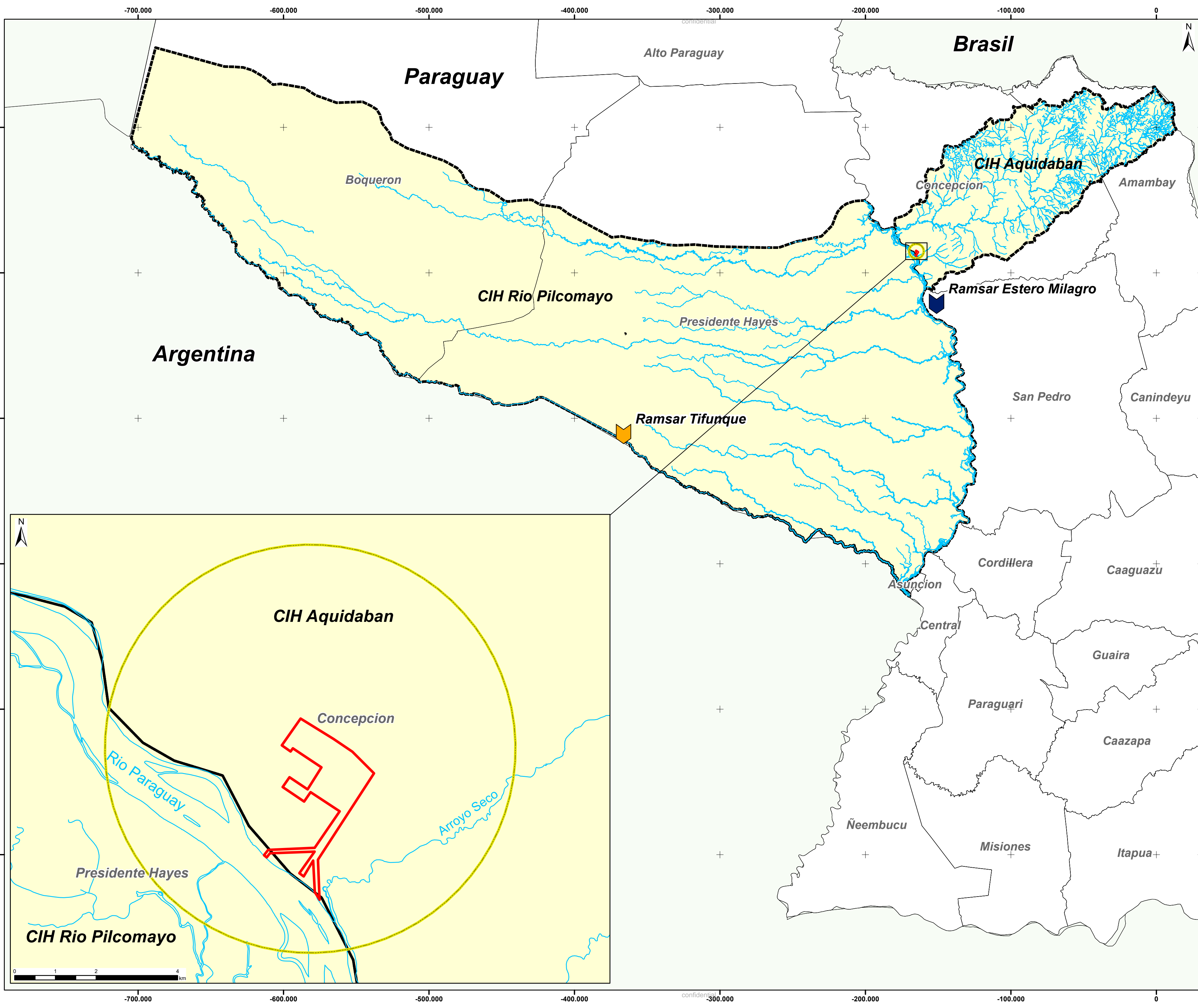
En el área de influencia indirecta, en la Unidad Hidrográfica Río Pilcomayo, se encuentra el Sitio Ramsar Tifunque, ubicado a 235 km de la fábrica. Además, está el

Sitio Ramsar Estero Milagro (35 km de la fábrica), ubicado fuera del área de influencia indirecta, como se muestra en el mapa en la figura a continuación.

Sitio Ramsar Tifunque

Creado en 07/06/95, está ubicado en el departamento Presidente Hayes (24°15'S 059°30'W) y posee 280.000 ha (Ramsar, 2020).

Una llanura aluvial a lo largo del río Pilcomayo que se inunda gran parte del año y se caracteriza por parches de bosque, extensos lagos agrupados y sabanas de palmerales. Los cursos de agua siguen los antiguos cauces de los ríos, con bosques de galería que crecen al lado. Otro sector está compuesto por vastas llanuras secas de pastos y arbustos. Ubicado en la región biogeográfica de bosque tropical caducifolio, el sitio, en excelentes condiciones, es un buen representante de la biodiversidad. Situadas a lo largo de la ruta de migración, las aves son abundantes en especies y en número. Varias especies de vida silvestre amenazadas (rhea, caimán, tortuga y jaguar) y especies de peces se reproducen aquí. El sitio es importante para *Potamogeton striatus*, una planta en peligro crítico, y es compatible con una fauna de mamíferos distinta. Se producen granjas extensas, extracción de productos forestales y caza furtiva. El sitio comparte una frontera con Argentina (Ramsar, 2020).



MAPA DE UBICACIÓN

LEYENDA

- Site Ramsar Tifunque
- Site Ramsar Estero Milagro
- Hidrografía
- ADA - Área Directamente Afectada
- AID - Área de Influencia Directa
- AII - Área de Influencia Indirecta
- Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Rio Pilcomayo y Aquidaban)
- Departamentos
- América del Sur

ESCALA GRAFICA:

DATUM SIRGAS 2000
PROYECCION: UTM

FUENTE DE DATOS:
- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).

PARACEL PÖYRY

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Rio Pilcomayo

HUMEDALES (RAMSAR SITES)

ESCALA: 1:1.650.000	FECHA: 11/05/2020
PROYECTO N: Figura 5	FOLIA: 5/5
RESP. TECNICO: Romualdo Hirata	FIRMA: REV. 0

9.9.2 Caracterización Local (AID y ADA)

La futura fábrica de celulosa de PARACEL se ubicará en Concepción, cerca del Río Paraguay, dónde el efluente tratado se descargará a través de un emisario subacuático. Además, dentro del área influencia directa del EIAP/RIMA está también el Río Arroyo Seco. Así para los estudios de recursos hídricos locales fueron considerados los dos ríos.

9.9.2.1 Río Paraguay

La captura de agua cruda y la descarga de efluentes tratados de la fábrica de celulosa de PARACEL se llevarán a cabo en un tramo de aproximadamente 1,0 km (que son parte de la ADA y AID) en el Río Paraguay. Sin embargo, no hay datos disponibles solo de este tramo de 1,0 km sobre el río Paraguay que describan sus datos sobre demanda, minería, navegación y relación demanda / disponibilidad. Por lo tanto, los datos presentados aquí están relacionados con el río Paraguay en su conjunto.

Paraguay cuenta con una red hidrográfica muy importante y extensa en todo su territorio, de hecho, que el Río Paraguay separa y limita dos regiones naturales con características naturales y socioeconómicas bien diferentes (MADES, 2020).

La hidrografía de la Cuenca de Plata está formada por tres grandes sistemas hídricos: el Paraná, el Paraguay y el Uruguay, además del Río de la Plata propiamente dicho al que vierten sus aguas algunos ríos menores. El Paraguay es afluente del Paraná, mientras que este se une con el Uruguay para formar el Río de la Plata. Las áreas de drenaje de cada uno de ellos conforman las principales subcuencas del sistema (CIC, 2020).

La Cuenca del Río Paraguay tiene un área de 1.095.000 km², que abarca cerca de 35% de toda área de la Cuenca de Plata, que tiene 3.100.000 km², como ilustrado en la figura siguiente.

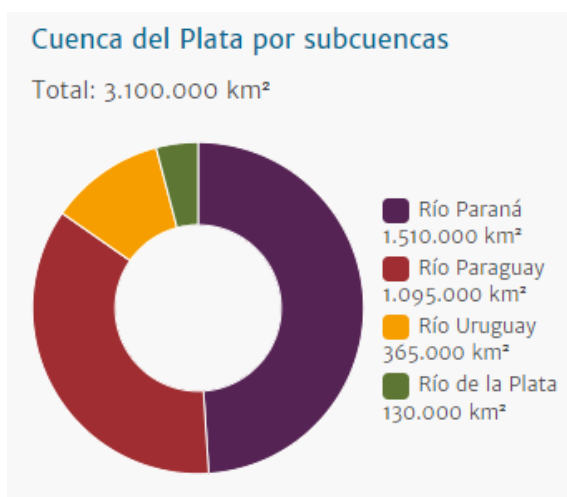


Figura 59 – Cuenca del Plata por subcuencas. Fuente: CIC (2020).

Los ríos Paraná y Paraguay tienen un recorrido de norte a sur y forman un eje que divide la Cuenca en dos partes: hacia el este se encuentra una red fluvial densa, con ríos caudalosos, mientras que del oeste los aportes son desde planicies con bajo caudal (CIC, 2020).

Una tercera parte de la cuenca del Río Paraguay corresponde a Brasil (370.000 km²), otro tanto a Paraguay (355.000 km²) y el resto se reparte entre Argentina (165.000 km²) y Bolivia (205.000 km²) como ilustrado en la figura siguiente. Casi en su totalidad se extiende por una inmensa llanura aluvial, de muy escasa pendiente y extensas planicies de inundación (CIC, 2020).



Figura 60 – Distribución de la cuenca del Río Paraguay en los países. Fuente: CIC (2020).

La Cuenca del Plata se puede subdividir en 7 subcuencas, entre las cuales se encuentran en Paraguay la Subcuenca del Alto Paraguay y la Subcuenca del Medio y Bajo Paraguay (CIC, 2017), como ilustra la figura siguiente.



Figura 61 – Mapa de subcuencas del Plata. Fuente: CIC (2017).

Según CIC (2017), la Subcuenca del Alto Paraguay (figura 62) incluye dos grandes ambientes, el Planalto y el Gran Humedal del Pantanal. La formación del Pantanal actúa como el gran reservorio de agua en la cabecera del sistema del Plata que retiene asimismo cantidades incrementadas de sedimentos, originados por la agricultura del Planalto. La sedimentación constituye una fuerte amenaza para el ecosistema, por la gran variedad de especies que tienen en este humedal su sustento natural. Mantener el lento escurrimiento del Pantanal es clave para evitar una mayor incidencia de inundaciones aguas abajo del río Paraguay y en el ya fuertemente afectado río Paraná.

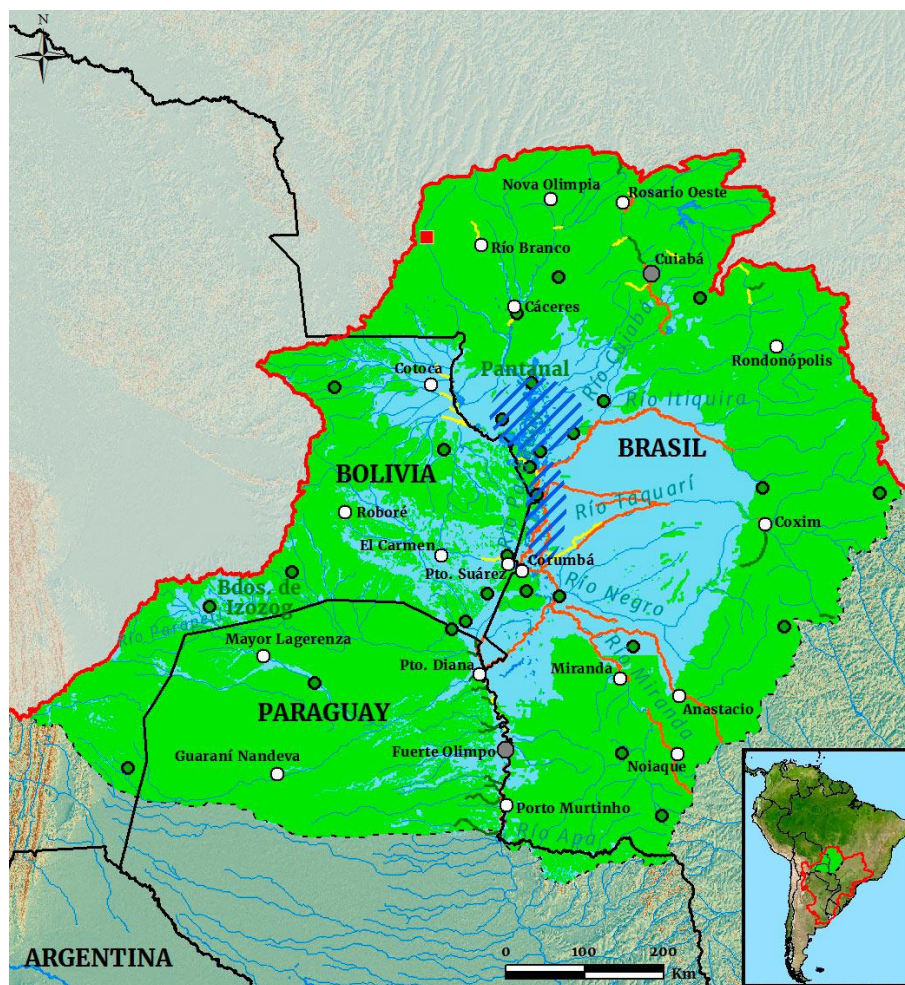


Figura 62 – Mapa de la subcuenca del Alto Paraguay. Fuente: CIC (2017).

La Subcuenca del Medio y Bajo Paraguay (figura 63) se define desde la desembocadura del río Apa hasta la confluencia con el Paraná. Cabe señalar que la ubicación de la planta de celulosa de PARACEL se encuentra en esta subcuenca. El Río Paraguay, a pesar de los aportes que recibe en su cuenca alta, en parte de este tramo presentaría un balance hídrico negativo, si sólo se consideraran sus afluentes de margen derecha ya que sus desbordes no retornan al cauce principal, recargando depresiones laterales en las que el agua es retenida hasta que se evapora. Sin embargo, sus afluentes de margen izquierda – Aquidabán, Jejui, Aguaray y Tebicuary- generan importantes aportes. A lo largo del curso principal del Paraguay, en la subcuenca se localiza la ciudad de Asunción, afectada por frecuentes inundaciones. Este tramo es parte importante de la Hidrovía Paraguay-Paraná y recibe, por su margen derecha, dos afluentes: los ríos Pilcomayo inferior y Bermejo.

Esta subcuenca contempla parte de las Unidades Hidrográficas CIH18-Rio Pilcomayo y CIH8-Aquidabán, usadas como la unidad de referencia para definición del AII para el medio físico. No se consideró la totalidad de la subcuenca en el AII porque no se encontraron usuarios relevantes aguas abajo, suficientemente cerca (en términos de afectación de su calidad) del punto de descarga de los efluentes. Y además, la dispersión de los efluentes tratados en el río Paraguay es muy rápida y ocurre muy cerca del punto

de lanzamiento (entre 0,37 y 0,42 m), estando este punto ubicado aguas arriba de la captación de agua para la fábrica de celulosa.

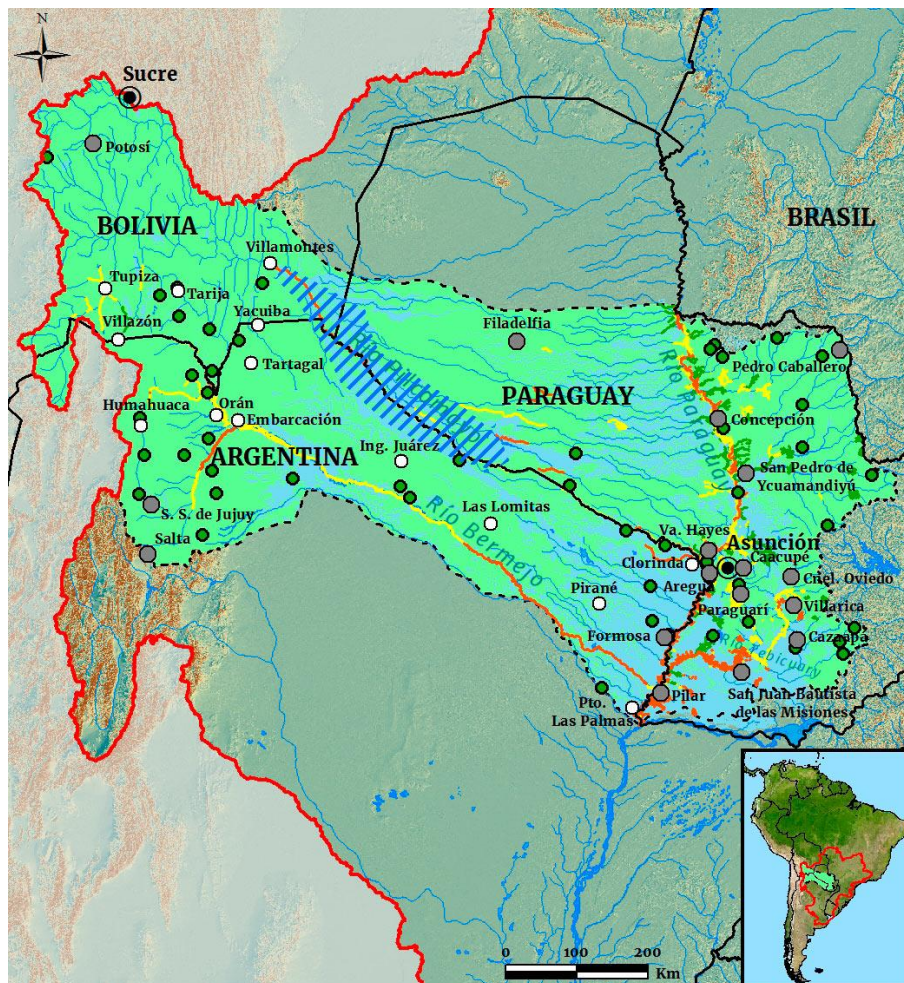


Figura 63 – Mapa de la subcuencas del Medio y Bajo Paraguay.
Fuente: CIC (2017).

El Río Paraguay nace en la Chapada de Parecís (Brasil) y, tras recorrer 2.550 km, desemboca en el río Paraná, a la altura de la ciudad de Resistencia (Argentina) (CIC, 2020). A lo largo del curso principal del Paraguay se localiza la ciudad de Asunción, capital del Paraguay (CIC, 2017).

El río Paraguay y todos los recursos de agua superficial de Paraguay están clasificados como un río de Clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM n° 255/2006.

Sus afluentes de margen izquierda son los ríos Aquidabán, Jejui, Aguaray y Tebicuary y sus afluentes de margen derecha son los ríos Pilcomayo y Bermejo (CIC, 2017).



Figura 64 – Visión del Río Paraguay. Fuente: Pöyry Tecnología (2019).

La naturaleza aluvial del terreno de las márgenes, el enorme volumen de material sólido acarreado por el río Bermejo y los remansos producidos por las aguas del Paraná que ocasionan irregularidad en su régimen fluvial y transformaciones en su variación interanual, constituyen sus características principales (CIC, 2020).

La planicie de inundación del Río Paraguay y su continuación en el río Paraná determina un continuo hidrológico de humedales y un corredor biológico que se extiende de norte a sur desde el gran Pantanal en el Alto Paraguay, pasando por los bañados (CIC, 2017).

Un resumen de caudales medios anuales (período 1971-2010) del Río Paraguay es presentado en la tabla siguiente.

Tabla 8 – Resumen de caudales medios anuales del Río Paraguay hasta confluencia con el Río Paraná

Punto de medición	Caudal simulado (m³/s)	Caudal observado (m³/s)	Período
Río Paraguay en Puerto Pilcomayo	3.805	3.964	1971-2010
Río Paraguay en Puerto Bermejo	5.091	4.696	
Río Paraguay en la Estación Hidrológica de Concepción	-	2.179	-

Fuente: Adaptado de CIC (2017).

Demanda de Recursos Hídricos

Las principales actividades relacionadas con el uso del agua en la cuenca son las demandas consuntivas (población, ganadería, riego e industrial), minería, hidroelectricidad y navegación.

Demandas Consuntivas

Los servicios urbanos relacionados con demanda de agua involucran los servicios de agua potable y saneamiento. La demanda de abastecimiento de agua potable –

dependiendo de la localización del área urbana en cuestión– es satisfecha por los grandes ríos como Paraguay y también por agua subterránea (CIC, 2017).

Respecto al alcantarillado sanitario, la baja cobertura es un problema crítico. Cada día, 2.9 millones de metros cúbicos de aguas residuales sin tratar son vertidas al Río Paraguay y sólo 11% de los desagües cloacales tienen un tratamiento antes de llegar al río (ESSAP, 2020).

El uso de la tierra está cambiando rápidamente, en el sistema del Río Paraguay, en territorio brasileño, llevando a la apertura o extensión de la frontera agrícola ganadera, debido al cultivo de la soja y a la explotación ganadera (CIC, 2017).

La agricultura, en Paraguay ocupa la región oriental del país, con una alta participación de actividades mecanizadas, debido a la predominancia del cultivo de soja. Las áreas de cultivo de pastura han experimentado una considerable variación en los últimos años debido al cambio en el uso del suelo (CIC, 2017).

El sector industrial tiene mayor parte de la producción industrial del país en los sistemas del Paraná (CIC, 2017).

Los valores de demanda consuntiva presentados en la subcuenca del Paraguay indican mayores consumos referentes a población, ganadería y riego. La demanda de riego es mayor con 552 Hm³/año (37%), seguido de ganadería con 484 Hm³/año (32%) y población 443 Hm³/año (30%) (CIC, 2015). El consumo por la industria es el menor con 10 Hm³/año (1%), como presentado en la tabla y figura siguiente.

La participación de la subcuenca del Paraguay en la Cuenca del Plata corresponde a solamente 4,5%.

Tabla 9 – Demanda consuntiva por usos en Hm³/año

Población	Ganadería	Riego	Industrial	Otros	Total	Porcentaje de la Cuenca del Plata
443	484	552	10	-	1.489	4,5%

Fuente: Adaptado de CIC (2015).

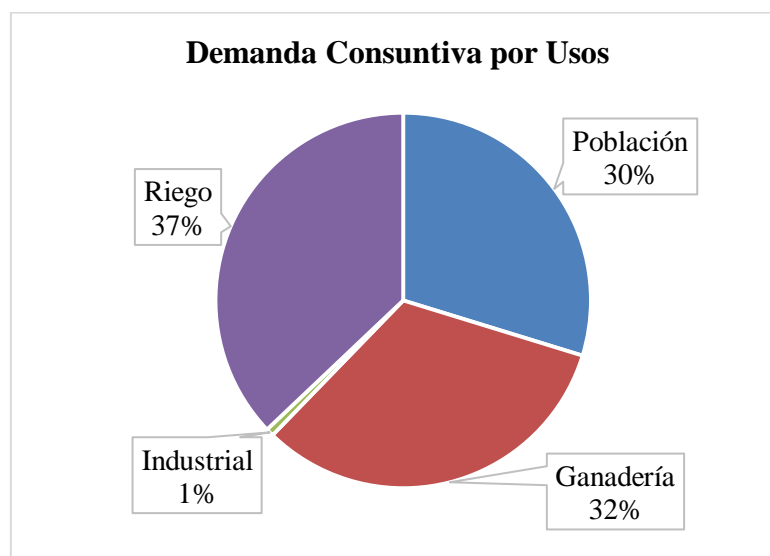


Figura 65 – Demanda consuntiva por usos. Fuente: Adaptado de CIC (2015).

Minería

Uno de los aspectos ambientales importantes de la minería son los productos usados en la actividad, los cuales se depositan en los sedimentos de los ríos de la Cuenca y generan efectos acumulados históricamente aguas abajo de las zonas de producción (CIC, 2017).

En mayor medida, la contaminación generada por la minería se observa principalmente en el sistema del Río Paraguay, en particular en dos de las principales subcuencas tributarias, las del Bermejo y del Pilcomayo (CIC, 2017).

Hidroelectricidad

La Cuenca del Plata posee una capacidad de generación hidroeléctrica muy importante. Su aprovechamiento significa una porción relevante de la generación de energía en los países involucrados. Para Paraguay en particular, representa el mayor porcentaje de su PBI (CIC, 2017). Hay también 2 centrales hidroeléctricas, Iguazú y Acaray, ubicadas totalmente en Paraguay. Por supuesto, no hay ninguna central hidroeléctrica en el Río Paraguay en el área de influencia de la fábrica.

Navegación

Para el Paraguay la navegabilidad de los ríos Paraguay y Paraná tiene una trascendencia fundamental en su comercio exterior, en función a su condición de país mediterráneo, ya que gracias a estas vías ha tenido salida al mar desde la época de la colonia (CIC, 2014).

En el contexto regional estas vías constituyen hoy un pilar fundamental de integración de las regiones de la Cuenca del Plata, y se han constituido en un medio importante para el transporte de las cargas, debido a las ventajas que presenta el transporte fluvial (CIC, 2014).

El Río Paraguay, principal vía fluvial del país presenta características propias de un río de llanura, en donde, debido al proceso natural del río, sujeto a la erosión, transporte y sedimentación, se producen cambios morfológicos en el lecho, que en el transcurso del tiempo modifican el canal de navegación (CIC, 2014).

Los niveles variables del río, sujetos al régimen de precipitación en su cuenca, determinan un ciclo hidrológico del Río Paraguay que podemos clasificar en: Aguas Bajas (Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero), Aguas Altas (Mayo, junio, julio, Agosto), y Aguas Medias (Marzo, Abril, Setiembre, Octubre) (CIC, 2014).

En los periodos de aguas bajas generalmente se presentan las dificultades en la navegación, debido a que los niveles bajos del río producen la aparición de los pasos críticos. Cabe señalar que el Río Paraguay no tiene ningún sistema de regulación artificial de su caudal pero debido a anomalías a veces su ciclo hidrológico se ve alterado (CIC, 2014).

La navegación por el sistema de la Cuenca del Plata se realiza en forma troncal por el Río Paraguay. En función a ello se cuenta con un programa denominado Hidrovía Paraguay-Paraná (CIC, 2014).

Esta hidrovía es la principal ruta que conecta a los países de la Cuenca del Plata, siendo una importante vía por la capacidad de transporte de grandes cargas (CIC, 2017).

La Hidrovía Paraguay-Paraná es un acuerdo regional entre Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay para facilitar la navegación y el comercio exterior e interior. Está

conformada por los Ríos Paraguay, Paraná y Uruguay. Es una de las vías navegables naturales de mayor longitud del planeta: 3.442 km, y se extiende desde Puerto Cáceres (Brasil) hasta Nueva Palmira (Uruguay), como ilustrado en la figura siguiente. Es una de las vías de transporte más significativas para la integración física del Mercosur (MAGYP. 2020).



Figura 66 – Mapa con hidrovías de la Cuenca del Plata. Fuente: CIC (2017).

Relación Disponibilidad-Demanda

Los usos de recursos hídricos pueden acarrear conflictos cuando no existe equilibrio entre la disponibilidad y la demanda para los usos consuntivos o bien, cuando los usos no consuntivos alteran las condiciones del sistema hídrico, con su variabilidad en el tiempo y en el espacio (CIC, 2017).

En la tabla siguiente es presentada una evaluación cualitativa de los usos del agua en las subcuencas del Alto y Bajo Paraguay. En la subcuenca del Alto Paraguay hay problemas de navegación, recreación/turismo y acuicultura/pesca, y algunos problemas de irrigación y conflicto de usos. En la subcuenca del Bajo Paraguay hay problemas de navegación, y algunos problemas de abastecimiento humano, irrigación y conflicto de usos, Recreación/Turismo, Acuicultura/Pesca y conflicto de usos.

Tabla 10 – Evaluación general cualitativa de los usos del agua

Usos del agua	Subcuenca	
	Alto Paraguay	Bajo Paraguay
Abastecimiento humano	No existen problemas dominantes	Existen solo algunos problemas
Irrigación	Existen solo algunos problemas	Existen solo algunos problemas
Energía hidroeléctrica	No existen problemas dominantes	No existen problemas dominantes
Navegación	Existen problemas	Existen problemas
Recreación/Turismo	Existen problemas	Existen solo algunos problemas
Acuicultura/Pesca	Existen problemas	Existen solo algunos problemas
Conflicto de usos	Existen solo algunos problemas	Existen solo algunos problemas

Fuente: Adaptado de CIC (2017).

Calidad

Se debe tener en cuenta especialmente la actividad minera en la cuenca alta del río Paraguay, en Bolivia y Brasil. Existen depósitos de estaño en forma de casiterita y drenaje ácido, consecuencia de la actividad minera y de sus pasivos ambientales, que contaminan los ríos y las aguas subterráneas (CIC, 2017).

Aguas abajo, en Paraguay, las mayores cargas de contaminantes provienen de la actividad agrícola (cultivos y pasturas) y, principalmente, de descargas de efluentes domésticos e industriales en áreas cercanas a grandes centros urbanos como Concepción (CIC, 2017).

Para el EIAP/RIMA se realizó 3 campañas de monitoreo de calidad del agua del Río Paraguay en dos puntos, uno aguas arriba y otro aguas abajo de los puntos de captación de agua bruta y descarga de efluente tratado de la futura fábrica de celulosa, respectivamente.

9.9.2.2 Arroyo Seco

El Arroyo Seco es parte de la Unidad Hidrográfica Aquidabán y es un afluente del Río Paraguay. Su desembocadura ocurre aguas abajo del punto de captación de agua de la fábrica de celulosa de PARACEL.

El Arroyo Seco, así como todos los recursos de agua superficial de Paraguay están clasificados como un río de Clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM n° 255/2006.

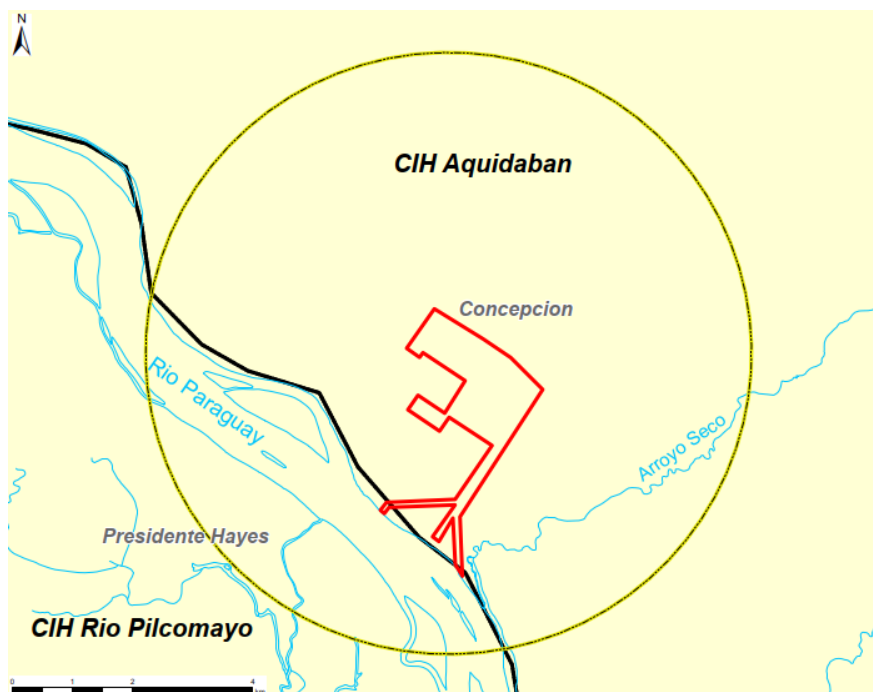


Figura 67 – Mapa de ubicación del Arroyo de Seco.

9.9.3 Calidad de agua superficial y sedimentos

Este artículo presenta los resultados del informe de Monitoreo de Calidad de las Aguas Superficiales e de los Sedimentos del río Paraguay, en la ubicación prevista para captación del agua bruta y descarga de efluente tratado de la fábrica de celulosa de PARACEL.

El monitoreo tiene el objetivo de verificar la calidad del agua y sedimentos del Río Paraguay, antes de la implantación y operación de la fábrica de celulosa (*background*).

El muestreo de aguas superficiales y sedimentos fue ejecutado en 02 (dos) puntos y en 03 (tres) campañas, abarcando los períodos seco y lluvioso de la región. Las campañas se realizaron en las siguientes fechas:

- 1ª Campaña, el 25 de octubre de 2019, estación seca;
- 2ª Campaña, el 15 de diciembre de 2019, estación de lluvias;
- 3ª Campaña, el 17 de febrero de 2020, estación de lluvias.

Cabe mencionar que han sido previstas 6 campañas en total, todavía, debido a la pandemia de coronavirus, no fue posible ejecutar la recolección de las muestras de agua y sedimentos.

Este informe usó para su elaboración la Resolución SEAM n.º 222/02 por la cual se establece el estándar para la calidad de las aguas en el territorio nacional.

9.9.3.1 Puntos de Muestreo

Los puntos de muestreo fueron establecidos con el objetivo de conocer la calidad del agua superficial y de los sedimentos en la región de implantación de la fábrica de celulosa de PARACEL antes de su operación – por eso es considerada como una medición de *background* para estudios de monitoreo futuro. La definición de los puntos

de muestreo se basó en los puntos de captación de agua bruta y lanzamiento de efluente líquido tratado de la futura fábrica de celulosa, situados en el Río Paraguay, como se muestra en la figura siguiente.



Figura 68 – Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos.
Fuente: Pöyry Tecnología (2020)

Tabla 11 – Coordenadas de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos

Punto	Coordenadas
FW01 / SE01	23°15'16.51"S, 57°31'31.62"O
FW02 / SE02	23°17'17.54"S, 57°29'32.41"O

Fuente: Pöyry Tecnología (2020)



Figura 69 – Punto FW01 / SE01. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)



Figura 70 – Punto FW02 / SE02. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)

9.9.3.2 Parámetros

Para verificar las condiciones actuales del agua superficial y los sedimentos del río Paraguay, en la región de captura de agua cruda y descarga de efluentes tratados de la fábrica de celulosa, fueron considerados los principales parámetros de control para los ríos de Clase 2 de la Resolución SEAM n.º 222/2002.

9.9.3.3 Metodología

El muestreo de aguas superficiales y sedimentos fue verificado conforme las normas y procedimientos del “*Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater*” del EPA/USA. El tipo de muestreo fue simple (exacto), o sea, de un muestreo de agua superficial o sedimento en cantidad suficiente para el análisis.

Gran parte de las colectas y análisis de los parámetros fueron ejecutados por el Laboratorio INYMA CONSULT, con excepción del análisis de Cloratos, AOX, Paraquat y 2,4D (aguas superficiales); Porcentaje de Sólidos y 2,4D (sedimentos) que fueron ejecutados por BIOAGRI AMBIENTAL LTDA. (Mérieux NutriSciences).

El laboratorio paraguayo INYMA CONSULT se encuentra en proceso de acreditación, actualmente interrumpido debido a la pandemia de COVID-19. La solvencia profesional de INYMA está reconocida por varias agencias del gobierno, como el ERSSAN, para análisis de agua potable y todos los protocolos de análisis fueron presentados en el MADES. INYMA también es el laboratorio de referencia para la CONALAYPA (Comisión Nacional para el Manejo del Lago Ypacaraí) y es el único de Paraguay que participa desde los años 2009 en evaluaciones anuales de análisis interlaboratorios con las muestras que provee el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) de Argentina.

Parte de los ensayos conducidos por INYMA, fueron remitidos a laboratorios acreditados en dichas determinaciones. El análisis de algunos metales pesados fueron realizados por el Laboratorio MULTILAB y los análisis de pesticidas y glifosatos en aguas y sedimentos en ANALÍTICA S.A.

El laboratorio brasileño BIOAGRI AMBIENTAL LTDA (Mérieux NutriScience) está acreditado para ensayo y calibración por ISO 17025, con certificado emitido por CGCRE (*Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO – Brasil*).

Las figuras 71 y 72 presentan los certificados de participación de INYMA en los ensayos interlaboratorios del INTI (año 2017) y el certificado de acreditación de Bioagri Ambiental Ltda. Los demás certificados se encuentran en los archivos adjuntos del Volumen IV – Reportes Analíticos (Informe de Monitoreo de Aguas Superficiales y Sedimentos).



Figura 71 – Certificado de participación de INYMA laboratorio en los ensayos interlaboratorios del INTI (año 2017)



Figura 72 – Certificado de acreditación de Bioagri Ambiental Ltda

Para la ejecución del análisis fue empleado un método analítico específico para los parámetros evaluados, conforme se presenta en las tablas siguientes:

Tabla 12 – Métodos del análisis de aguas superficiales

Ensayos	Método del análisis
Alcalinidad Total	SM 2320 B
Aluminio (Al)	@ICP-MS
Arsénico total (As)	@ICP-MS
Bario (Ba)	@ICP-MS
Cadmio (Cd)	@ICP-MS
Calcio	SM 3500 Ca D. EDTA
Plomo (Pb)	@ICP-MS
Cianuro libre (CN ⁻)	SM 4500-CN. <i>E Colorimetric method</i>
Cloro	SM 4500-Cl <i>Argentometric method</i>
Cobre (Cu)	@ICP-MS
Coliformes Fecales	SM 9222 D. <i>Fecal Coliform Membrane Filter</i>
Conductividad eléctrica a 25°C	SM 2510. <i>Laboratory Method</i>
Color verdadero	SM 2120 B. <i>Visual Comparison Method</i>
Cromo total (Cr)	SM 3500-Cr. <i>Colorimetric Method</i>
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	SM 3500-Cr. <i>Colorimetric Method</i>
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	Cálculo
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210. <i>5-Day BOD Test</i>
Dureza Total (CaCO ₃)	SM 2340. <i>EDTA Titrimetric Method</i>
Estaño (Sn)	@ICP-MS
Hierro ferroso soluble (Fe ²⁺) (<i>in situ</i>)	SM 3500-Fe D
Fósforo Total (P)	SM 4500-P. <i>Ascorbic Acid Method</i>
Glifosato	@LC-MS/MS
Índice de Fenol (C ₆ H ₅ OH)	SM 5530. <i>Chloroform Extraction Method</i>
Magnesio	SM 3500 Mg E. Cálculo
Manganeso (Mn)	<i>Hach method 8149</i>
Mercurio Total (Hg)	@ICP-MS
Níquel (Ni)	@ICP-MS
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	EPA method 352.1
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	SM 4500-NO ₂ . <i>Colorimetric Method</i>
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃)	SM 4500-NH ₃ . <i>Phenate Method</i>
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	SM 4500-N _{org} . <i>Semi-Micro-Kjeldahl Method</i>
Aceites y Grasas	SM 5520. <i>Partition-Gravimetric Method</i>
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O. <i>Membrane Electrode Method</i>
Bifenilos Policlorados (PCB's)	@GC-MS

Ensayos	Método del análisis
Pesticidas en el agua	@SPME-GC-MS
pH (<i>in situ</i>)	SM 4500-H ⁺ . <i>Electrometric Method</i>
Potasio	SM 3500-K. <i>Flame Emission Photometric Method</i>
Selenio (Se)	@ICP-MS
Sílice	SM 4500 –Si D
Sodio (Na)	SM 3500-Na. <i>Flame Emission Photometric Method</i>
Total de Sólidos Disueltos	SM 2540 C. <i>Total Solids Dried at 180°C</i>
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	SM 4500 - SO ₄ ⁻² . <i>Turbidimetric Method</i>
Turbiedad	SM 2130. <i>Nephelometric Method</i>
Zinc (Zn)	@ICP-MS
Compuestos orgánicos semivolátiles SVOC	EPA 8270 D:2014, POP PA 076 - Rev. 17 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Aniones	EPA 300.0: 1993, 300.1: 1999, POP PA 032 - Rev. 13
Paraquat	POP 05.192/05 - LC-MS/MS

SM: Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 17th Edition. APHA, AWWA, WPCF. 1989.

Tabla 13 – Métodos del análisis de sedimentos

Ensayos	Método del análisis
Aluminio (Al)	SM 3500-Al D
Antimonio (Sb)	@ICP-MS
Arsénico total (As)	SM 3500-As C. <i>Silver Diethyldithiocarbamate Method</i>
Bario (Ba)	@ICP-MS
Boro (B)	@ICP-MS
Cadmio (Cd)	@ICP-MS
Cobre (Cu)	ICUMSA
Cromo Total (Cr)	SM 3500 - Cr. <i>Colorimetric Method</i>
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	SM 3500 - Cr. <i>Colorimetric Method</i>
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	Cálculo
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210. <i>5-Day BOD Test</i>
Estaño (Sn)	@ICP-MS
Fósforo Total (P)	SM 4500-P. <i>Ascorbic Acid Method</i>
Glifosato	@LC-MS/MS
Mercurio Total (Hg)	@ICP-MS
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	EPA method 352.1
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	SM 4500-NO ₂ . <i>Colorimetric Method</i>
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	SM 4500-N _{org} . <i>Semi-Micro-Kjeldahl Method</i>
Níquel (Ni)	@ICP-MS
Bifenilos Policlorados (PCBs)	@GC-ECD
Pesticidas Clorados em Sedimentos	@LC/MS/MS
Plata (Ag)	@ICP-MS
Plomo (Pb)	SM 3500-Pb C.
Selenio (Se)	Osburn, R. L., A. D. Shendrikar, and P. W. West, <i>Anal. Chem.</i> , 43 (4), 594-597 (1971)
Zinc (Zn)	@ICP-MS
Porcentaje de Sólidos	SMWW, 22 ^a Edición, 2012 - Método 2540 G
Compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC)	EPA 8270 D:2014, POP PA 076 - Rev. 17 / Preparo: EPA 3550 C:2007

SM: *Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 17th Edition. APHA, AWWA, WPCF. 1989.*



Figura 73 – Muestreo de Aguas Superficiales. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)



Figura 74 – Equipo para muestreo de aguas superficiales en profundidad. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)



Figura 75 – Medición del pH y temperatura *in situ*. Fuente: INYMA (2019)



Figura 76 – Draga para muestreo de los sedimentos. Fuente: Pöyry Tecnología (2020)

9.9.3.4 Resultados

Los informes con los resultados de los análisis de las tres campañas de aguas superficiales y sedimentos se encuentran en el VOLUMEN IV – Informe de Monitoreo de Aguas Superficiales y Sedimentos.

Las siguientes tablas presentan los resultados del análisis de aguas superficiales y sedimentos para las tres campañas. Los resultados de las aguas superficiales se confrontaron con las normas establecidas para los cuerpos de agua de clase 2 por la Resolución 222/02 de la SEAM. En relación con los sedimentos, cabe señalar que no existe una referencia legal para comparar los resultados.

9.9.3.4.1 Aguas Superficiales

Tabla 14 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW01 (Parámetros *in situ*)

Parámetros <i>in situ</i>	Unidad	Resultados			Límite Resolución 222/02*
		1ª	2ª	3ª	
Profundidad: 0,5 metros					
pH	-	7,66	7,16	7,15	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	26,5	31,1	32,7	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	162	322	3182	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,06	6,60	5,80	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	89	81	80	-
Profundidad: 2,5 metros **					
pH	-	7,53	7,32	7,70	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	26,9	31,5	32,4	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	141,5	313	203	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,29	7,20	6,00	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	92	91	83	-
Profundidad: 5,5 metros ***					
pH	-	7,60	7,12	7,15	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	27,3	30,6	32,5	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	150	346	183	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,80	7,26	6,11	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	100	96	85,4	-

* Resolución SEAM n 222/02, artículo 3° para cuerpo de agua superficial clase 2.

** En la 2ª campaña, la profundidad fue de 3,0 metros y en la 1ª campaña de 2,5 metros.

*** En la 2ª campaña, la profundidad fue de 6,0 metros y en la 1ª campaña de 5,0 metros.

Tabla 15 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW01

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite de Detección	Límite Resolución SEAM 222/2002
		1ª	2ª	3ª		
Fisicoquímicos						
Aceites y Grasas	mg/L	ND	ND	ND	2	Ausentes
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	34,7	30,8	34,7	0,56	-
AOX**	µg/L	120	220	110	20	-
Cianatos Libres (CN ⁻)	mg/L	ND	ND	ND	0,01	Máx. 0,2
Cloratos**	mg/L	ND	0,04	0,02	0,02	-
Cloruros (Cl)	mg/L	28,5	64,8	23,6	0,25	Máx. 250
Color	uPtCo	75	65	82	< 1	≤ 75
Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	ND	1,6	1,4	0,5	≤ 5
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	32	41	36,5	0,5	Máx. 300
Fosforo Total (P)	mg/L	0,021	0,090	0,160	0,004	Máx. 0,05
Índice de Fenoles ⁽¹⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,024	Máx. 0,5
Materias Fluctuantes	mg/L	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-	Ausentes
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,30	1,98	1,01	0,03	Máx. 10
Nitrito (N-NO ₂ ⁻) <i>in situ</i>	mg/L	0,003	0,004	ND	0,002	Máx. 1,0
Nitrógeno Amoniacal (N)	mg/L	ND	ND	0,014	0,006	-
Amonio no ionizado (NH ₃) (cálculo)	mg/L	ND	ND	ND	-	Máx. 0,02
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	mg/L	0,84	1,18	1,01	0,03	Máx. 0,6
Potasio (K)	mg/L	2,38	3,22	2,50	0,1	-
Sodio (Na)	mg/L	18,3	44,0	21,5	0,5	Máx. 200
Sólidos disueltos totales	mg/L	124	220	139	5	Máx. 500
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	3,6	12	17	1	Máx. 250
Turbiedad	UNT	36,98	61,43	35,8	0,02	≤ 100
Bacteriológicos						
Coliformes Fecales	UFC/100ml	< 10	11	< 10	10	≤ 1000
Metales						
Aluminio Total (Al)	mg/L	3,55	7,00	3,00	0,05	Máx. 0,2
Arsenio (As)	mg/L	0,008	0,006	0,003	0,001	Máx. 0,01
Bario (Ba)	mg/L	ND	0,06	ND	0,05	Máx. 2,0
Cadmio (Cd)	mg/L	ND	ND	ND	0,0005	Máx. 0,001
Cobre (Cu)	mg/L	ND	ND	ND	0,01	Máx. 1,0
Cromo Total (Cr)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,55
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,05
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,5

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite de Detección	Límite Resolución SEAM 222/2002
		1 ^a	2 ^a	3 ^a		
Estaño (Sn)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 2,0
Hierro ferroso soluble (Fe ⁺²) <i>in situ</i>	mg/L	0,35	0,17	0,55	0,05	Máx. 0,3
Manganeso (Mn)	mg/L	0,08	0,08	ND	0,025	Máx. 0,1
Mercurio Total (Hg) ⁽²⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,001	Máx. 0,002
Níquel (Ni)	mg/L	0,006	0,003	0,005	0,001	Máx. 0,025
Plomo (Pb)	mg/L	0,002	0,004	ND	0,001	Máx. 0,01
Selenio (Se)	mg/L	0,003	0,002	ND	0,001	Máx. 0,01
Zinc (Zn)	mg/L	0,07	ND	ND	0,05	Máx. 3,0
Pesticidas						
2,4 D**	µg/L	ND	ND	0,005	0,005	-
Alaclor	mg/L	ND	ND	ND	0,014	0
Antracina	mg/L	ND	ND	ND	0,008	0,003
Gamma Chlordane	mg/L	ND	ND	ND	0,012	0
4,4' – DDT	mg/L	ND	ND	ND	0,007	0,002
Endosulfan	mg/L	ND	ND	ND	0,019	0,056
Endrin	mg/L	ND	ND	ND	0,009	0,002
Glifosato	mg/L	ND	ND	ND	2,7	0,7
Heptaclor	mg/L	ND	ND	ND	0,005	0
Lindano (BHC)	mg/L	ND	ND	ND	0,002	0,0002
Metoxicloro	mg/L	ND	ND	ND	0,005	0,04
Paraquat**	µg/L	ND	ND	ND	0,1	-
Bifenilos Policlorados (PCB's) ⁽³⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,2	0
Propanil	mg/L	ND	ND	ND	0,132	0,02
Simazina	mg/L	ND	ND	ND	0,027	0,004

* Resolución SEAM n° 222/02, artículo 3° para aguas superficiales clase 2.

**Análisis realizados por el laboratorio Bioagri.

(1) Índice máximo de Fenoles permitido para la descarga de efluentes en cuerpos hídricos superficiales, artículo 7° de la Resolución SEAM n. 222/02.

(2) Suma entre el mercurio orgánico y mercurio inorgánico.

(3) El laboratorio tercerizado informa el resultado del PCB como menor que 0,2 microgramos/L, que es el límite de cuantificación del método empleado.

ND: no detectable.

Los límites de detección de compuestos orgánicos se expresan en microgramos por litro (µg/L).

Tabla 16 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campañas – Aguas Superficiales – FW02 (Parámetros *in situ*)

Parámetros <i>in situ</i>	Unidad	Resultados			Límite Resolución 222/02*
		1ª	2ª	3ª	
Profundidad: 0,5 metros					
pH	-	7,56	7,11	7,12	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	26,8	30,7	32,4	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	177	322	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,11	6,37	5,93	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	89,5	85	82	-
Profundidad: 2,5 metros**					
pH	-	7,50	7,17	7,12	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	26,8	30,7	32,6	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	164	318	174	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,70	7,18	6,05	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	97,2	91	82,4	-
Profundidad: 5,0 metros***					
pH	-	7,50	7,14	7,08	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	26,7	31,0	32,8	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	174	319	162	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,80	7,14	6,20	≥ 5
Saturación del Oxígeno	%	100	91	86	-

* Resolución SEAM n.º 222/02, artículo 3º para aguas superficiales clase 2.

** En la 2ª campaña, la profundidad fue de 2,0 metros y en la 1ª campaña de 2,5 metros.

*** En la 2ª campaña, la profundidad fue de 4,0 metros y en la 1ª campaña de 5,0 metros.

Tabla 17 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Aguas Superficiales – FW02

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite de Detección	Límite Resolución 222/02*
		1ª	2ª	3ª		
Fisicoquímicos						
Aceites y Grasas	mg/L	ND	ND	ND	2	Ausentes
AOX**	µg/L	100	250	62	20	-
Cianuros Libres (CN ⁻)	mg/L	ND	ND	ND	0,01	Máx. 0,2
Cloratos**	mg/L	ND	0,04	ND	0,02	-
Color	uPtCo	70	80	75	1	≤ 75
Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	ND	1,6	1,5	0,5	≤ 5
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	34	41	35,0	0,5	Máx. 300
Fósforo Total (P)	mg/L	0,063	0,080	0,135	0,004	Máx. 0,05
Índice de Fenoles ⁽¹⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,024	Máx. 0,5
Materiales Fluctuantes	mg/L	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-	Ausentes
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,28	1,92	0,27	0,03	Máx. 10
Nitrito (N-NO ₂ ⁻) <i>in situ</i>	mg/L	0,008	0,006	ND	0,002	Máx. 1,0
Nitrógeno Amoniacal (N)	mg/L	ND	ND	0,015	0,006	-
Amonio no ionizado (NH ₃) (cálculo)	mg/L	ND	ND	ND	-	Máx. 0,02
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	mg/L	1,63	1,63	1,03	0,03	Máx. 0,6
Sodio (Na)	mg/L	19,7	42,6	22,0	0,5	Máx. 200
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	130	213	124	5	Máx. 500
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	4,2	12,4	13,5	1	Máx. 250
Turbiedad	UNT	38,97	66,74	38,1	0,02	≤ 100
Bacteriológicos						
Coliformes Fecales	UFC/100ml	< 10	13	< 10	10	≤ 1000
Metales						
Aluminio Total (Al)	mg/L	4,07	5,9	4,00	0,05	Máx. 0,2
Arsenio (As)	mg/L	0,008	0,005	0,003	0,001	Máx. 0,01
Bario (Ba)	mg/L	ND	0,06	ND	0,05	Máx. 2,0
Cadmio (Cd)	mg/L	ND	ND	ND	0,0005	Máx. 0,001
Cobre (Cu)	mg/L	ND	ND	ND	0,01	Máx. 1,0
Cromo Total (Cr)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,55
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,05
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 0,5
Estaño (Sn)	mg/L	ND	ND	ND	0,005	Máx. 2,0
Hierro ferroso soluble (Fe ⁺²) <i>in situ</i>	mg/L	0,61	0,18	0,79	0,05	Máx. 0,3
Manganeso (Mn)	mg/L	0,08	0,09	0,056	0,025	Máx. 0,1

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite de Detección	Límite Resolución 222/02*
		1ª	2ª	3ª		
Mercurio Total (Hg) ⁽²⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,001	Máx. 0,002
Níquel (Ni)	mg/L	0,006	0,003	0,006	0,001	Máx. 0,025
Plomo (Pb)	mg/L	0,002	0,003	ND	0,001	Máx. 0,01
Selenio (Se)	mg/L	0,003	0,002	ND	0,001	Máx. 0,01
Zinc (Zn)	mg/L	0,07	ND	ND	0,05	Máx. 3,0
Pesticidas						
2,4 D	µg/L	ND	ND	ND	0,005	-
Alacloro	mg/L	ND	ND	ND	0,014	0
Atrazina	mg/L	ND	ND	ND	0,008	0,003
Gamma Clordano	mg/L	ND	ND	ND	0,012	0
4,4' – DDT	mg/L	ND	ND	ND	0,007	0,002
Endosulfan	mg/L	ND	ND	ND	0,019	0,056
Endrin	mg/L	ND	ND	ND	0,009	0,002
Glifosato	mg/L	ND	ND	ND	2,7	0,7
Heptacloro	mg/L	ND	ND	ND	0,005	0
Lindano (BHC)	mg/L	ND	ND	ND	0,002	0,0002
Paraquat**	µg/L	ND	ND	ND	0,1	-
Metoxicloro	mg/L	ND	ND	ND	0,005	0,04
PCBs (Bifenilos Policlorados) ⁽³⁾	mg/L	ND	ND	ND	0,2	0
Propanil	mg/L	ND	ND	ND	0,132	0,02
Simazina	mg/L	ND	ND	ND	0,027	0,004

* Resolución SEAM n° 222/02, artículo 3° para aguas superficiales clase 2.

**Análisis realizados por el laboratorio Bioagri.

(1) Índice máximo de Fenoles permitido para la descarga de efluentes en cuerpos hídricos superficiales, artículo 7° de la Resolución SEAM n. 222/02.

(2) Suma entre el mercurio orgánico y mercurio inorgánico.

(3) El laboratorio tercerizado informa el resultado del PCB como menor que 0,2 microgramos/L, que es el límite de cuantificación del método empleado.

ND: no detectable.

Los límites de detección de compuestos orgánicos se expresan en microgramos por litro (µg/L).

9.9.3.4.2 Sedimentos

Tabla 18 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Sedimentos – SE01

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite de Detección	Límite Legal
		1ª	2ª	3ª		
Fisicoquímicos						
Humedad	% p/p bu	24,55	25,20	22,80	0,1	SR
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/kg bu	193	121	128	10	SR
Fósforo Total (P)	mg/kg bs	51,3	217	235	12	SR
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/kg bs	42,3	17,1	58,2	3,3	SR
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,2	SR
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	mg/kg bs	467	570	314	80	SR
Porcentaje de Solidos**	% p/p	11,5	73,1	74,4	0,05	SR
Metales						
Aluminio (Al)	%p/p bs	1,88	1,64	4,00	0,2	SR
Antimonio (Sb)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Arsenio (As)	mg/kg bs	2,1	1,8	1,8	1	SR
Bario (Ba)	mg/kg bs	110	72	97	5	SR
Boro (B)	mg/kg bs	5	ND	ND	5	SR
Cadmio (Cd)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Cobre (Cu)	mg/kg bs	ND	4	ND	4	SR
Cromo Total (Cr)	mg/kg bs	21,1	14	20	3	SR
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/kg bs	ND	ND	ND	3	SR
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	mg/kg bs	21,1	14	20	3	SR
Mercurio Total (Hg)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Níquel (Ni)	mg/kg bs	5	10	10	1	SR
Plata (Ag)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Plomo (Pb)	mg/kg bs	24	2,7	ND	2	SR
Selenio (Se)	mg/kg bs	< 4	1,8	1,9	0,8	SR
Zinc (Zn)	mg/kg bs	24	24	24	4	SR
Pesticidas						
2,4 D**	mg/kg	ND	ND	ND	0,0035	SR
Alacloro	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00380	SR
Atrazina	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00010	SR
Carbofuran	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00016	SR
Diazinon	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00014	SR
Glifosato	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,0027	SR
PCBs	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,2237	SR

bu: sedimento drenado con humedad de los poros. (base húmeda). bs: base seca (sin humedad).

SR: Sin referencias.

**Análisis realizados por el laboratorio Bioagri.

Tabla 19 – Resultados de la 1ª, 2ª y 3ª Campaña – Sedimentos – SE02

Parámetro	Unidad	Resultados			Límite del Detección	Límite Legal
		1ª	2ª	3ª		
Fisicoquímicos						
Humedad	% p/p bu	26,43	25,35	24,15	0,1	SR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/kg bu	283	247	102	10	SR
Fósforo Total (P)	mg/kg bs	104	18,1	263	12	SR
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/kg bs	157	ND	52,2	3,3	SR
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/kg bs	ND	865	ND	0,2	SR
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	mg/kg bs	560	247	271	80	SR
Porcentaje de Sólidos**	% p/p	70,5	47,9	74,2	0,05	SR
Metales						
Aluminio (Al)	%p/p bs	2,00	1,79	2,60	0,2	SR
Antimonio (Sb)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Arsénico (As)	mg/kg bs	2,6	2,2	1,0	1	SR
Bario (Ba)	mg/kg bs	57	70	107	5	SR
Boro (B)	mg/kg bs	ND	ND	ND	5	SR
Cadmio (Cd)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Cobre (Cu)	mg/kg bs	ND	6	ND	4	SR
Cromo Total (Cr)	mg/kg bs	19,4	13	19	3	SR
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/kg bs	ND	ND	ND	3	SR
Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	mg/kg bs	19,4	13	19	3	SR
Mercurio Total (Hg)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Níquel (Ni)	mg/kg bs	ND	13	9	1	SR
Plata (Ag)	mg/kg bs	ND	ND	ND	1	SR
Plomo (Pb)	mg/kg bs	15	2,3	ND	2	SR
Selenio (Se)	mg/kg bs	4	0,8	ND	0,8	SR
Zinc (Zn)	mg/kg bs	9	26	20	4	SR
Pesticidas						
2,4 D**	mg/kg	ND	ND	ND	0,0035	SR
Alacloro	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00380	SR
Atrazina	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00010	SR
Carbofuran	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00016	SR
Diazion	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,00014	SR
Glifosato	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,0027	SR
PCBs	mg/kg bs	ND	ND	ND	0,2237	SR

bu: sedimento drenado con humedad de los poros. (base húmeda). bs: base seca (sin humedad).

SR: Sin referencias.

**Análisis realizados por el laboratorio Bioagri.

9.9.3.5 Conclusiones

Con el fin de definir la calidad de las aguas superficiales del río Paraguay antes de la implementación y operación de la fábrica de celulosa soluble y blanqueada de PARACEL, para ser considerada como un antecedente y referencia para futuros estudios de monitoreo, se realizaron tres campañas de recolección y análisis de aguas superficiales y sedimentos en dos puntos durante la temporada seca y de lluvias.

Los resultados de las aguas superficiales se compararon con las normas establecidas para los cuerpos de agua de la clase 2 por la Resolución SEAM 222/2002. En lo que respecta a los sedimentos, cabe señalar que no existe una referencia legal para comparar los resultados.

Cabe señalar que la mayoría de los parámetros analizados presentaban concentraciones inferiores a los límites establecidos por la Resolución SEAM 222/2002. A continuación, sólo se comentarán los resultados de los parámetros en desacuerdo con la legislación.

En el punto FW01, de los parámetros fisicoquímicos, el fósforo total mostró una concentración de 0,0160 mg/L en la tercera campaña y de 0,09 mg/L en la segunda, resultados por encima del límite de 0,05 mg/L. En la primera campaña, el valor obtenido fue de 0,021 mg/L, por debajo del límite permitido por la legislación. El nitrógeno total Kjeldahl mostró una concentración superior al valor permitido por la legislación en las tres campañas (límite de 0,06 mg/L): 1,01 mg/L en la tercera campaña, 1,18 mg/L en la segunda y 0,84 mg/L en la primera.

También en la tercera campaña, el valor del color registrado fue de 82 uPtCo, por encima del límite establecido (≤ 75 uPtCo). En las dos primeras campañas, los valores obtenidos no superaron el límite establecido en la Resolución SEAM 222/2002.

En relación con los metales, la concentración de aluminio obtenida fue de 3,00 mg/L, la más baja registrada en las tres campañas en ese momento, pero todavía por encima del límite de 0,2 mg/L. El hierro soluble presentó la mayor concentración de las tres campañas, 0,55 mg/L (límite de 0,3 mg/L). Los parámetros bacteriológicos y de plaguicidas no presentaron valores superiores a los permitidos por la Resolución SEAM 222/2002 en las tres campañas.

En el punto FW02, de los parámetros fisicoquímicos analizados, en la primera campaña, el fósforo total y el nitrógeno total Kjeldahl mostraron valores superiores a los permitidos. A diferencia de la segunda campaña, los resultados del parámetro de color se mantuvieron dentro del límite establecido.

Para el fósforo total se obtuvo una concentración de 0,135 mg/L (límite de 0,05 mg/L), el valor más alto registrado en las tres campañas ya realizadas. Para el nitrógeno total Kjeldahl se obtuvo una concentración de 1,03 mg/L (límite de 0,6 mg/L), el valor más bajo registrado en las tres campañas.

Para los metales, el aluminio tenía una concentración de 4,00 mg/L (límite de 0,2 mg/L), el valor más bajo de las tres campañas. El hierro soluble registró la mayor concentración en las tres campañas: 0,79 mg/L, por encima del límite de 0,3 mg/L. Cabe señalar que en la primera campaña se obtuvo una concentración de 0,61 mg/L (por encima del límite) y de 0,18 mg/L en la segunda (por debajo del límite).

Los parámetros bacteriológicos y de los plaguicidas no superan los valores permitidos por la Resolución SEAM 222/2002.

Como se observó en las 3 campañas, al comparar los resultados obtenidos en el Punto FW01, ubicado aguas arriba de los puntos de descarga de efluentes de la futura fábrica de celulosa; y en el Punto FW02, ubicado aguas abajo de lo punto de captación de agua cruda, se observa que el Punto FW02 presenta mayores concentraciones, principalmente cuando se observan los parámetros que excedieron los límites de la Resolución SEAM n°222/2002. Cabe señalar que no hay fuentes de contribución que justifiquen el aumento de las concentraciones entre los dos puntos. Por lo tanto, se cree que este hecho puede estar asociado a cuestiones de muestreo o descargas del Arroyo Seco, que deberían explicarse mejor en futuro por medio del análisis de los resultados de las campañas posteriores.

El fósforo y el nitrógeno son nutrientes derivados naturalmente de la disolución de los compuestos presentes en el suelo y la descomposición de la materia orgánica, que pueden contribuir a los resultados encontrados. Como se trata de una región en la que se desarrollan actividades agrícolas, las concentraciones de nutrientes por encima del límite permitido también pueden estar asociadas al uso de fertilizantes.

En cuanto a los valores de aluminio y hierro en desacuerdo con la legislación, éstos pueden estar relacionados con la capa de sustrato de los suelos de la región y, por lo tanto, pueden considerarse como naturales de las aguas superficiales.

En cuanto al parámetro de color en el punto FW01, se cree que dicha inconformidad está asociada al momento de la recolección, período lluvioso de la región, porque puede haber un aumento de los sólidos disueltos y suspendidos, principalmente material en estado coloidal orgánico e inorgánico, corroborando así la alteración de este parámetro.

Cabe señalar también que, en la tercera campaña, realizada en febrero/2020, el río Paraguay presentó una mayor concentración de sustancias disueltas y suspendidas que en la primera y segunda campañas, celebradas en octubre y diciembre/2019, respectivamente. Este hecho se debe a la fuerte sequía registrada en octubre, noviembre y diciembre. El aumento de las precipitaciones en la región contribuyó a la alteración de las concentraciones de los parámetros analizados, reduciendo la conductividad eléctrica y todos los cationes y aniones.

9.9.4 Calidad del agua proporcionada por ESSAP

Para complementar la campaña de monitoreo de EIAp, a continuación se presentarán los resultados del análisis de agua cruda del río Paraguay en el tramo de Concepción, proporcionado por ESSAP - Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay, realizado entre 2017 y 2018.

Tabla 20 – Resultados de calidad del agua por ESSAP

Parámetros	Unidad	feb/17	abr/17	ago/17	set/17	dic/17	feb/18	mar/18	abr/18	jul/18	dic/18
pH	-	7,1	7,1	6,9	7	7,3	6,7	6,8	7	7	6,8
Turbiedad	NTU	99,4	21,9	16,9	15,4	20,4	21,1	8,96	5,32	13,6	24,5
Color	Pt-Co	250	75	80	50	240	300	100	90	100	120
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	40	30	30	31	31	34	35	39	30	34
Conductividad	μS/cm	119,6	81,4	76	77,8	91	94,3	100,1	147	156	105
Sólidos totales disueltos	mg/L	60	41	38	39	45	47	50	50	73	52
Aluminio	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	9,3	8,8	8,8	7,6	8,8	13,2	9,6	10,8	8	18,6
Magnesio	mg/L	4	1,68	1,9	2,4	2,6	3,1	2,9	2,6	1,7	2,7
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	47	29	30	29	33	46	36	38	27	28
Cloruro	mg/L	12,5	25	2,5	3	5	0,5	9,5	16,5	2	5
Sulfato	mg/L	1	0,992	0,98	1,01	1,2	4,24	1,9	0,67	9,17	18
Silice	mg/L	18,97	16,99	18,31	19,89	20,4	23,86	22,9	36,24	16,32	17
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,036	0,033	0,023	0,063	0,036	0,046	0,037	0,021	0,041	0,03
Nitrito	mg/L	0,045	0,048	0,042	0,026	0,039	0,029	0,023	0,02	0,013	0,003
Nitrato	mg/L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	0,833	1,342	0,97	0,105	0,62	1
Hierro	mg/L	1,98	2,26	2,19	0,504	1,92	1,307	1,47	1,38	0,02	0,107

Parámetros	Unidad	feb/17	abr/17	ago/17	set/17	dic/17	feb/18	mar/18	abr/18	jul/18	dic/18
Sodio	mg/L	11,24	6,09	2,1	5,1	5,3	4,82	4,88	4,9	4,89	4,89
Potasio	mg/L	0,94	1,02	1,84	1,4	1,6	1,52	1,6	1,6	1,69	1,69
Cromo	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Manganeso	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,5	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
plomo	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio total	mg/L	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Arsénico	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Detergentes sintéticos	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Grasas y aceite e hidrocarburos	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Temperatura	°C	25	26	21	22	25	23,2	23	25	19	28
Coliformes totales	UFC/100 mL	3.500	3.800	1.200	2.300	1.600	3.100	1.900	2.000	3.000	2.700
Coliformes fecales	UFC/100 mL	290	220	10	190	150	300	150	180	400	480
Demanda química de oxígeno	mg/L	22	20	27	21	19	25	24	20	20	23
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1,0	0,6	1,7	1,6	1,0	2,4	2,0	1,7	2,6	1,6

9.10 Hidrogeología (Recursos Hídricos Subterráneos)

El Paraguay no solo cuenta con amplios recursos de aguas superficiales, sino también posee una gran riqueza de aguas subterráneas. Las aguas subterráneas constituyen el recurso hídrico más importante en Paraguay, por la facilidad de acceso a las mismas, y por la disponibilidad en calidad y cantidad (PMCIC, 2014).

El Paraguay cuenta con gran potencial de aguas subterráneas, las mismas contenidas en acuíferos, que son estratégicas, para el desarrollo socioeconómico del país y para el bienestar social de sus habitantes (PMCIC, 2014).

Los principales acuíferos del Paraguay se encuentran en los subsuelos de las dos regiones del país, Región Oriental y Región Occidental. Algunos de estos acuíferos, tienen distribución local, restringiéndose solo, al territorio nacional, como el caso de los acuíferos: Patiño, Caacupé, Arroyos y Esteros, Itacurubí, mientras que otros, como los acuíferos: Guaraní (Acuífero Misiones), Yrendá, Independencia, Cnel. Oviedo, Alto Paraná, Pantanal y Acaray, son compartidos con países limítrofes, adquiriendo categoría de acuíferos transfronterizos (PMCIC, 2014).

La Cuenca del Plata es asimismo rica en recursos hídricos subterráneos. Coincide en gran parte con el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), uno de los mayores reservorios de aguas subterráneas del mundo, con una superficie de 1.190.000 km². Al oeste de la Cuenca se localiza el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) que coincide, mayormente, con la zona semiárida de la Cuenca, el bioma del Gran Chaco Americano, con una superficie de 410.000 km² (CIC, 2017).

En la figura siguiente se encuentra el mapa de los acuíferos transfronterizos de la Cuenca del Plata.



Figura 77 – Mapa de los acuíferos transfronterizos de la Cuenca del Plata. Fuente: CIC (2017).

En la Cuenca del Plata, el desarrollo natural de las poblaciones urbanas y rurales, asociado con el fuerte incremento de las actividades agrícolas e industriales, ha incrementado el uso de los recursos hídricos en forma significativa, particularmente aquellos de origen subterráneo. Este crecimiento, como era de esperar, además de parámetros demográficos, obedece a las características intrínsecas de los acuíferos, como la ocurrencia de unidades potencialmente productivas y a la calidad de las aguas subterráneas (CIC, 2017).

También en Paraguay el agua subterránea tiene un amplio uso para abastecimiento humano e industrial, como por ejemplo en la periferia de su capital, Asunción. En otras regiones presenta un uso principalmente pecuario y de abastecimiento público de localidades dispersas (CIC, 2017).

En la figura siguiente se presentan los volúmenes anuales de agua subterránea explotados en la Cuenca.

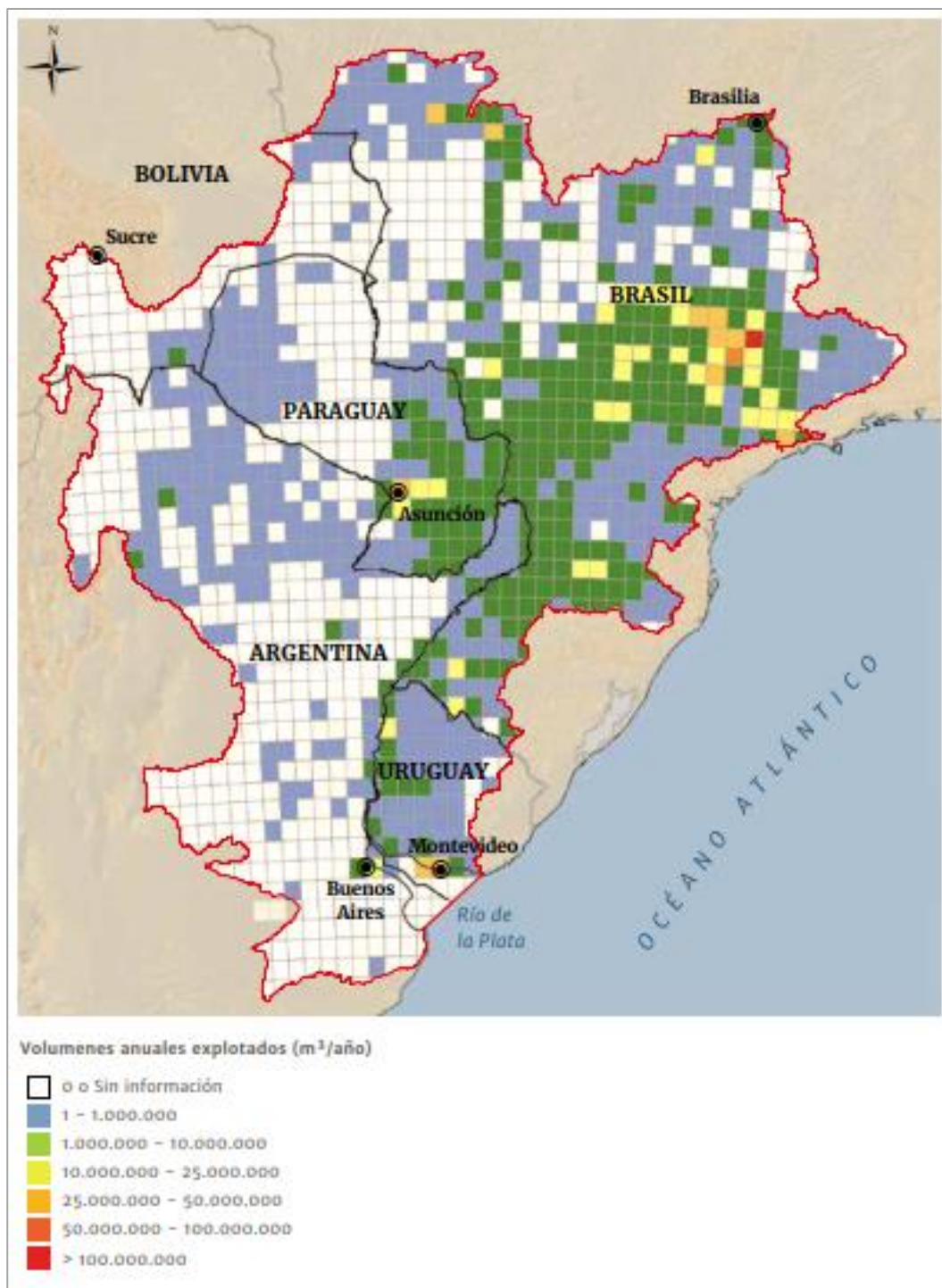


Figura 78 –Volúmenes de agua subterránea explotados anualmente. Fuente: CIC (2017).

La potabilidad de las aguas Subterráneas en la Cuenca fue analizada, en cuanto a la salinidad, teniendo en cuenta los valores de las conductividades eléctricas de las muestras analizadas, visto que representan una aproximación del tenor total de sales disueltas.

Las concentraciones de esas sales, expresadas en $\mu\text{S}/\text{cm}$ fueron dispuestas en intervalos regulares distribuidos por toda el área de la Cuenca, y presentan los siguientes resultados:

- 0 – 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – Registrados sólo en las regiones extremas Norte y Noreste del territorio brasileño.
- 100 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – Predominando ampliamente en toda la Cuenca, principalmente en la Sub-Cuenca del Paraná, en Brasil, y porciones más pequeñas en otros países;
- 500 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – Este intervalo ocurre como fajas alineadas de dirección Norte-Sur, separando la Cuenca del Paraná de aquellas situadas más al Oeste de la región, extendiéndose también por parte del territorio boliviano, el área del Pantanal brasileiro y regiones Este y Oeste de la Argentina;
- 1000 – 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – Este intervalo de concentración, que marca el inicio de la ocurrencia de aguas con calidad no adecuada a la salud humana se dispone en el Chaco argentino y Paraguay, además de la porción central y sur de Argentina;
- 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – el área de ocurrencia de este intervalo de aguas bastante salinizadas se restringe a una región del Chaco Paraguayo y Argentino, correspondiente a la fracción del área de ocurrencia del Acuífero SAYTT.

En la figura siguiente se muestra la distribución geográfica de ocurrencia de estos intervalos.

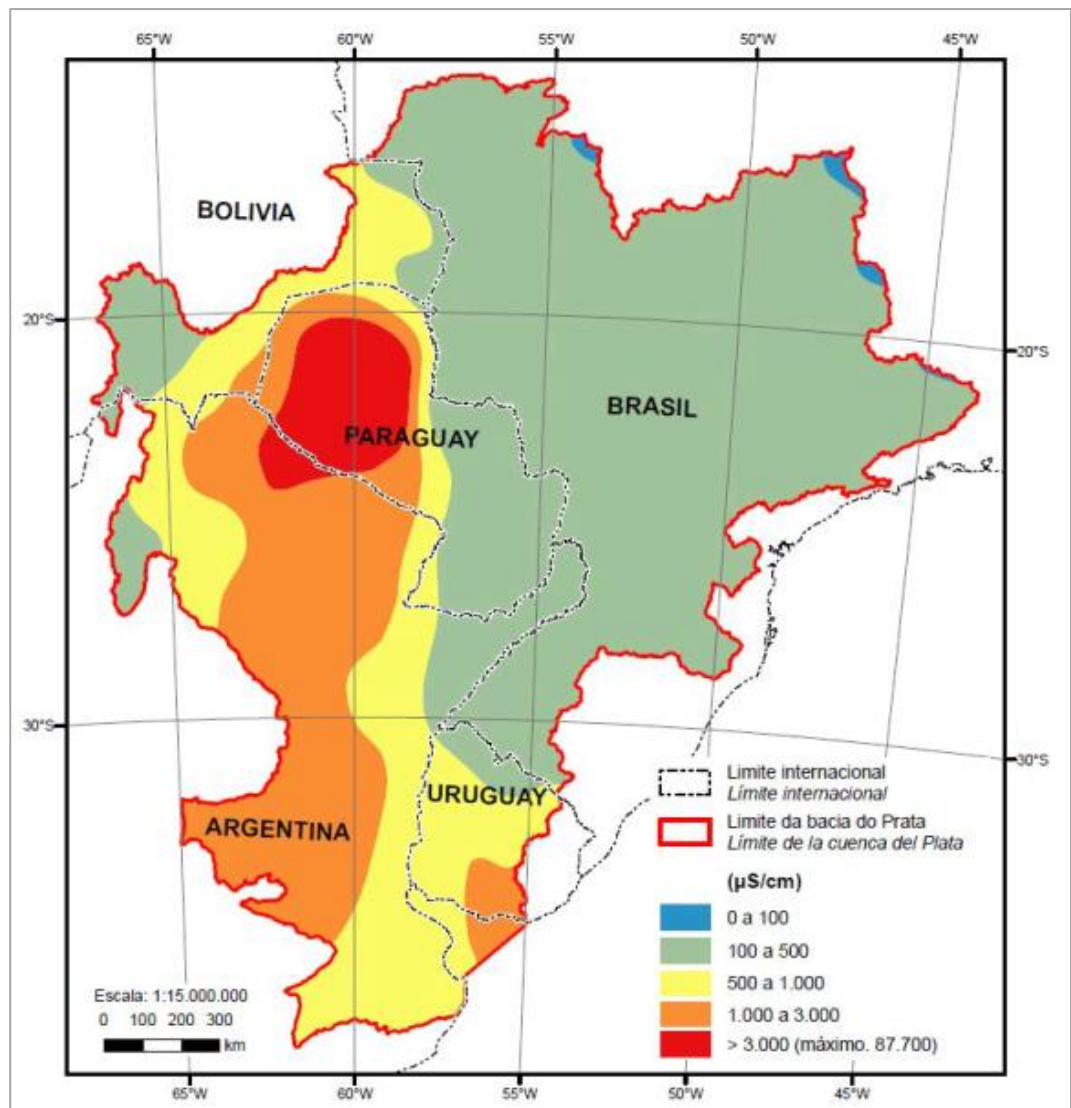


Figura 79 – Distribución de salinidades de las aguas subterráneas. Fuente Diniz *et al.* (2015).

La vulnerabilidad natural de las aguas subterráneas es presentada en la figura siguiente. Las regiones más bajas o con drenaje más denso, como el Chaco, Pantanal y los drenajes principales presentan vulnerabilidades altas a extrema. El compartimiento representado por la Cuenca Sedimentaria del Paraná tiene vulnerabilidad media a baja en relación a las demás y porciones elevadas como los Andes bolivianos presentan Bajo índice de vulnerabilidad.

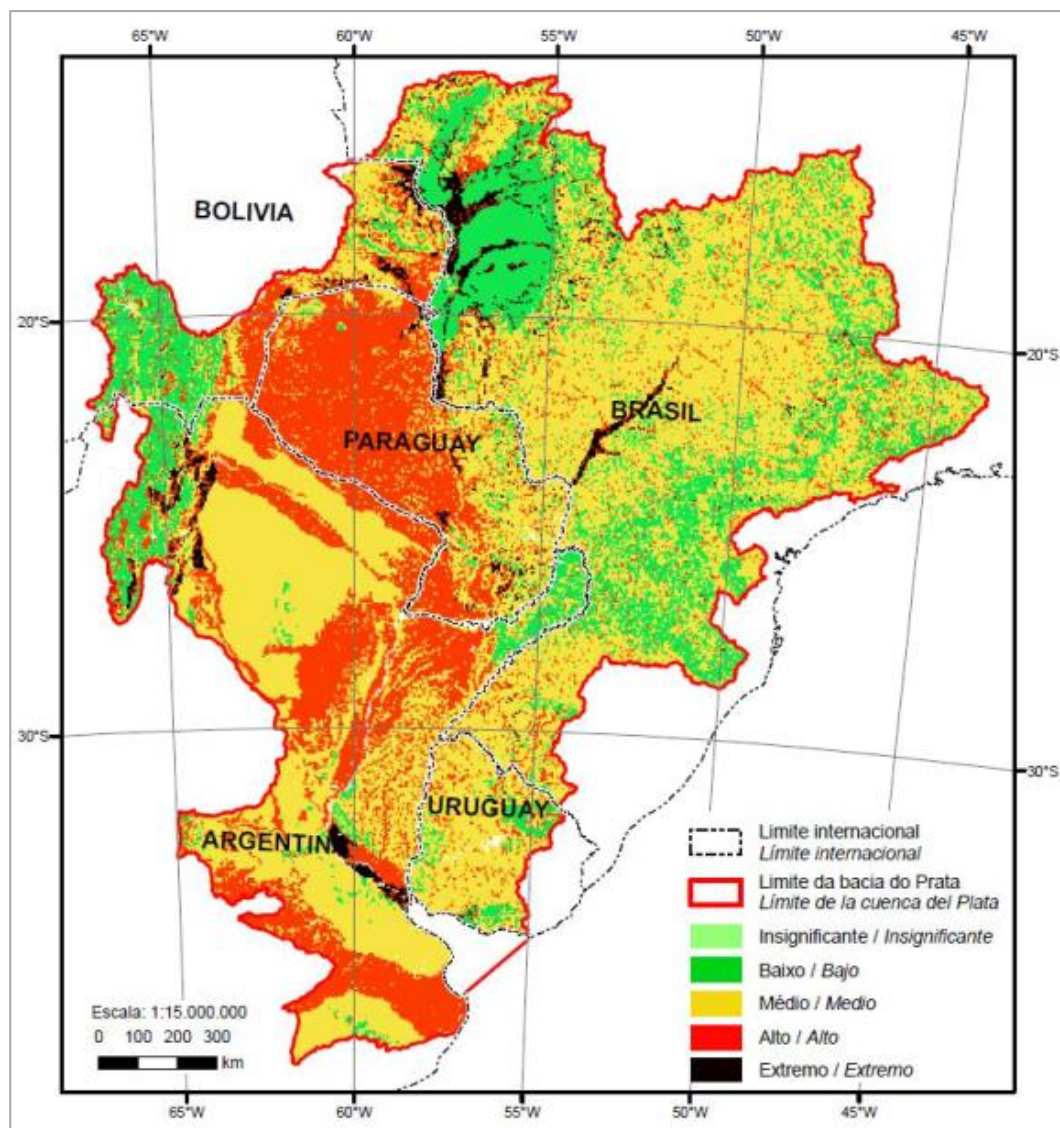
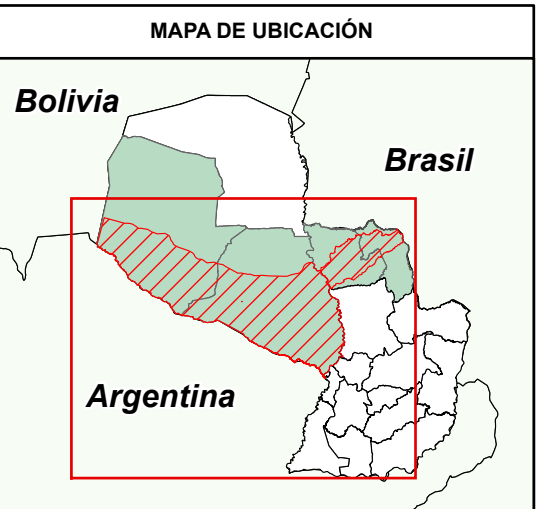
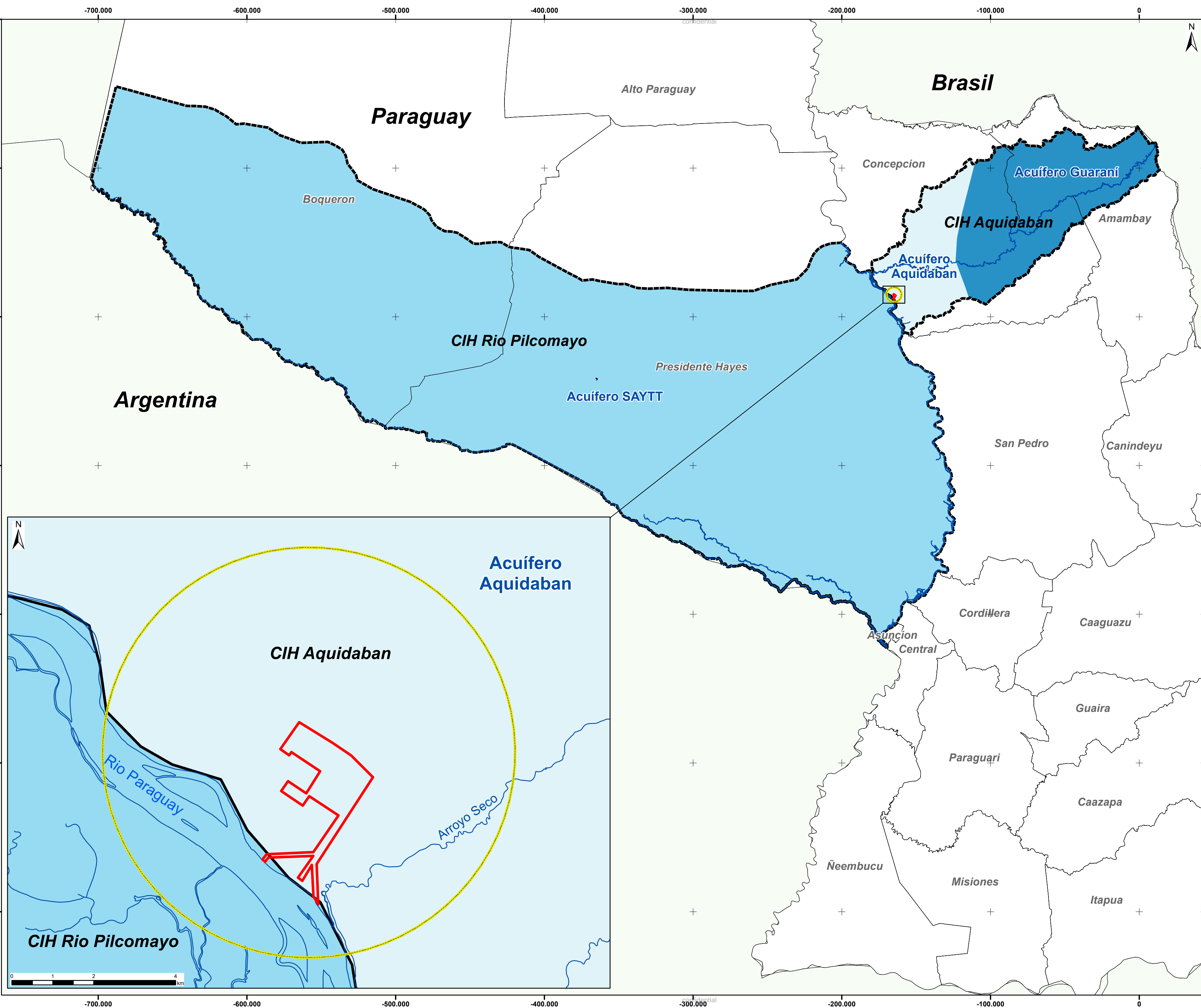


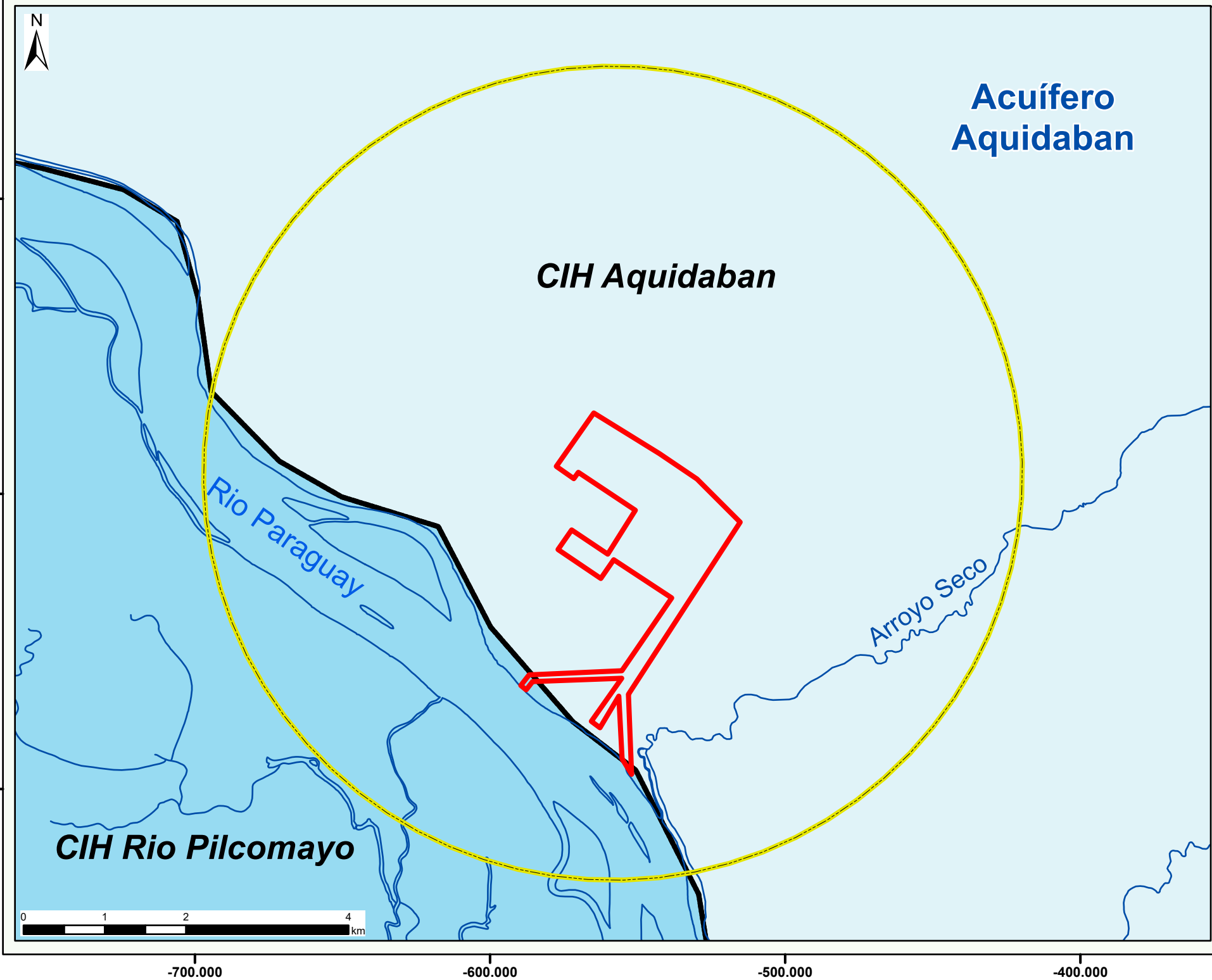
Figura 80 – Vulnerabilidad natural de las aguas subterráneas de la Cuenca del Plata. Fuente Diniz *et al.* (2015).

La ubicación planificada para la implementación de la fábrica de celulosa de PARACEL será en la ciudad de Concepción, cerca del Río Paraguay. Para EIAp/RIMA, las unidades hidrográficas de Aquidabán y Río Pilcomayo fueron adoptadas como un área de influencia indirecta. De esta manera, los acuíferos presentes en estas unidades hidrográficas se abordarán en este capítulo sobre aguas subterráneas.

La siguiente figura muestra la ubicación de la futura fábrica de celulosa de PARACEL en el mapa de sistemas de acuíferos.



- LEYENDA**
- Hidrografía
 - ADA - Área Directamente Afectada
 - AID - Área de Influencia Directa
 - AII - Área de Influecia Indirecta
 - Para entornos Físicos y Bióticos (CIH Rio Pilcomayo y Aquidaban)
- Región del Acuíferos**
- Acuífero Aquidaban
 - Acuífero Guaraní
 - Acuífero SAYTT
 - Departamentos
 - América del Sur



ESCALA GRAFICA:

DATUM SIRGAS 2000
PROYECCION: UTM

FUENTE DE DATOS:

- DGEEC, 2012 (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos).
- SEAM, 2015 (Secretaría Del Ambiente)

PARACEL PÖYRY

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CIH8 Aquidaban y CIH18 Rio Pilcomayo

SISTEMAS ACUÍFEROS

ESCALA: 1:1.621.853 FECHA: 28/05/2020

PROYECTO N: Figura 5 FOLIA: 5/5 FORMATO: A2

RESP. TECNICO: Romualdo Hirata FIRMA: REV: 0

9.10.1 Caracterización Regional (AII)

Para este estudio, fueron considerados los principales acuíferos, que son el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) y el Sistema Acuífero Guaraní (SAG).

9.10.1.1 Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño - SAYTT

De acuerdo con CIC (2015), el SAYTT es compartido por los tres países del Gran Chaco Sudamericano que son Argentina, Bolivia y Paraguay. Cada uno de los países que contienen el acuífero, le ha dado un nombre para identificarlo dentro de su territorio. Así tenemos que: Argentina: Acuífero Toba (T), Bolivia: Acuífero Tarijeño (T) y Paraguay: Acuífero Yrendá (Y).

El SAYTT es un sistema acuífero de gran importancia regional por las expectativas existentes en una región con escasez de agua, clima semi-árido y con otros acuíferos donde su oferta es de agua salobre o salada, no aptas para consumo humano o producción agropecuaria. Su conocimiento y posterior gestión sustentable favorecería una correcta gestión del suelo que, innegablemente los servicios que brindan ambos recursos naturales se integran para el desarrollo de la región.

Las rocas asignadas al Cuaternario que afloran en la región del SAYTT se extienden por unos 521.904 km², distribuidos entre los siguientes países por orden de superficies: Argentina: 303.220 km² (58,1%), Paraguay: 196.988 km² (37,7%) y Bolivia 21.696 km² (4,2%) (GULISANO 2014).

En Paraguay el Sistema Acuífero Yrendá se ubica en tres departamentos Boquerón, Pte. Hayes y Alto Paraguay).

El río más importante en el SAYTT, en Paraguay, es el río Pilcomayo, con una superficie de 272.000 km² (aprox. 8,4% de la cuenca del Plata). Es el límite natural entre Argentina - Bolivia y Argentina - Paraguay. Este río se caracteriza por su divagar permanente debido al gran volumen de sedimentos que transporta. Esto ha creado a través de miles de años un gran delta continental, con ápice en la triple frontera y su máxima abertura sobre el río Paraguay desde Bahía Negra en territorio paraguayo, hasta la ruta 81 en la provincia de Formosa, la cual ha quedado prácticamente como una divisoria de las cuencas del Pilcomayo y del Bermejo.

A este gigantesco abanico aluvial, podríamos dividirlo en dos tipos de morfología. Al norte en territorio paraguayo se ha formado una densa red de paleocauces desactivados-colmatados, que hoy constituyen una de las fuentes de provisión de agua para consumo humano. Estos paleocauces presentan una recarga directa de agua de lluvia y desde hace unas décadas atrás se está realizando en la zona la recarga artificial de ese acuífero freático, suprayacente al SAY. Por otro lado, hacia el sur se presentan una serie de riachos y ríos que constituyen la red activa de paleocauces y cauces nuevos. Todos los cursos de agua finalmente descargan al río Paraguay que es el gran receptor de todas las aguas que descienden desde los Andes. La superficie de este gran paleodelta continental es de unos 200.000 km², ubicados casi totalmente en territorio paraguayo.

Según CIC (2015), en Paraguay, se realizó la compilación de datos del acuífero Yrendá (SAY), en territorio paraguayo, presentó 382 pozos profundos en planillas Excel y 227 pozos con menos de 50 metros de profundidad en fichas de origen SISAG. Se presentó un mapa de ubicación de las perforaciones donde define la calidad de las aguas en función de su salinidad (dulce, salobre y salada, así como también pozos secos), además de una planilla con datos fisicoquímica de algunos pozos.

Bajo la denominación de SAY, se entiende por los Acuíferos confinados y/o semiconfinados que se extienden por todo el Chaco en varios niveles y a diferentes profundidades, constituyendo sistemas multicapas, antiguamente denominado Complejo Acuífero Yrendá (Godoy 1990), constituyendo a nivel regional un solo sistema hidrogeológico, aunque pueden presentarse a nivel local diferencias de detalle, ocupada por diferentes sistemas de flujos de aguas subterráneas. Al sur del Paralelo 20°, el SAY se presenta por debajo de los 50 m de profundidad hacia el oeste, límite con Bolivia, y por debajo de los 5 - 3 m hacia el este, en el Chaco Húmedo, llegando incluso a sobreponerse al nivel freático cercano al río Paraguay, ocasionando flujo de los acuíferos confinados a los freáticos. Los niveles piezométricos van de 25 m a cercanos a surgentes, en los cauces que corren en sentido oeste-este, afluentes del río Paraguay.

En el área entre el Subandino boliviano y el río Parapetí la permeabilidad (K) de los acuíferos profundos varía de 8,6 – 17,3 m/día; la transmisibilidad (T) de 1.075 – 2.150 m²/día y el coeficiente de almacenamiento (S) de 5.10⁻⁴ – 6.10⁻⁶; en el área fronteriza boliviano-paraguaya la permeabilidad varía de 6 a 8 m/día y la transmisibilidad de 400 a 200 m²/día y en el Chaco central paraguayo la permeabilidad varía de 0,3 a 8,0 m/día y la transmisibilidad de 50 a 100 m²/día. Los pozos que captan estos acuíferos presentan caudales específicos que varían de 2,0 a 3,6 m³/h/m. Su porosidad total máxima es de 40% y la porosidad efectiva está entre 7 y 10%. La velocidad real de flujo subterráneo varía aproximadamente de 20 m/año a 46 m/año. (Godoy V. Eugenio, 1990).

La gran carga hidráulica de los acuíferos confinados indica que la zona de recarga está a una cota mucho mayor que la del terreno donde está el pozo, y como el área es semiárida con fuerte déficit hídrico difícilmente esos acuíferos recibirían agua dulce por infiltración directa de las precipitaciones. Así mismo, los aislados acuíferos freáticos son insuficientes para alimentar a los acuíferos profundos que contienen grandes volúmenes de agua dulce. Es fuerza pensar que la recarga se produce por infiltración de las precipitaciones y de los ríos en territorio Boliviano, principalmente a lo largo de una faja de sedimentos gruesos de piedemonte de unos 15 a 20 km de ancho, que corre paralelamente a los bordes montañosos subandinos, como así también, por infiltración del río Pilcomayo durante las crecientes a través de su abanico aluvial. (Godoy V. Eugenio, 1990).

En los tiempos de estiaje aumenta la salinidad de los cursos superficiales y los humedales, indicando una alimentación de fuente subterránea. La zona de descarga se caracteriza por la ocurrencia de humedales salobres a salados en sentido de la dirección de flujo subterráneo. La formación de minerales evaporíticos en áreas de descarga producida por sistemas de flujo regional del agua subterránea mineralizada (salada), es una característica del área.

9.10.1.2 Sistema Acuífero Guaraní - SAG

De acuerdo con CIC (2015), el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), transfronterizo, tiene una superficie de 1.087.879,15 km², extendiéndose por la cuenca sedimentaria Chaco – Paranaense. Es la más importante unidad hidroestratigráfica de la porción meridional del continente sudamericano, tiene ocurrencia asociada a las rocas siliciclásticas de la Cuenca del Plata (Brasil y Paraguay), Cuenca Chaco - Paranaense (Argentina) y Cuenca norte (Uruguay), que representan una historia evolutiva común con la porción oriental del Chaco boliviano (Franca et al, 1995).

El clima regional en su área de ocurrencia es caracterizado como húmedo, con lluvias que van desde 1.200 a 1.500 mm/ año.

Sus aguas son de amplia utilización en el abastecimiento humano, industrial y de turismo termal, debido a sus propiedades térmicas en los locales donde el acuífero es confinado por los basaltos de la formación Serra Geral.

El Sistema Acuífero Guaraní está formado por areniscas del periodo Jurásico (Brasil), de la formación Tacuarembó (Uruguay), Misiones (Paraguay) y por las areniscas fluvio lacustres de las formaciones Piramboia/Rosario do Sul (Brasil) y Rivera (Uruguay).

Zonas de afloramiento ocurren en dos fajas situadas al oeste y este de la zona de ocurrencia y corresponden a aproximadamente al 10% del área total del acuífero, siendo confinado en 90%.

El espesor medio es de 250 metros y los caudales varían entre 60 y 200 m³/h en áreas próximas a las zonas de afloramientos y de 200 a 400 m³/h en las áreas confinadas. Localmente puede presentar valores mucho más bajos en las zonas aflorantes.

Las aguas son bicarbonatadas cálcicas y magnésicas próximo a las áreas de afloramiento y sódicas en las zonas más profundas. El pH es alcalino y los valores de residuo seco varían de 200 a 600 mg/l. La temperatura varía de 18 a 63°C, dependiendo de las profundidades de ocurrencia del acuífero.

Este Sistema Acuífero es de suma importancia nivel regional y transnacional, representando un recurso fundamental para el desarrollo socioeconómico y en el funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas asociados.

9.10.2 Caracterización Local (AID y ADA)

De acuerdo con el mapa hidrogeológico, las áreas de influencia directa y directamente afectada de la fábrica de celulosa de PARACEL están situadas en el Sistema Acuífero Aquidauana - Aquidabán.

Según PMCIC (2015), el Sistema Acuífero transfronterizo Aquidauana-Aquidabán está localizado en la Cuenca del río Paraná, con un área de aproximadamente 27.000 km², de los cuales 14.600 km² están en el Brasil y 12.300 km² en el Paraguay extendiéndose en dirección NE-SW, siendo utilizado en el abastecimiento humano y animal tanto en Brasil como en Paraguay.

El Acuífero es del tipo semiconfinado, constituido por sedimentos glácio-marinos con intensas variaciones de facies, presentando caudales también bastante dispersos, con valores medios oscilando entre 10-20 m³/h/pozo.

Del punto de vista químico, también presenta aguas con características bastante variables. Su utilización en corto plazo se ha tornado esencial para el abastecimiento humano y para permitir el desarrollo económico de la región, de características agrícola y pecuaria.

9.10.3 Calidad del agua subterránea

Según GODOY y PAREDES (1995), prácticamente todos los acuíferos potenciales de la región Oriental presentan aguas aptas para consumo humano, riego e industrial. En la región Occidental, o Chaco del Paraguay, la calidad química de las aguas del Sistema

Acuífero Yrendá es factor limitante para su utilización doméstica, ganadera, agrícola e industrial. La presencia en la mayor parte del área, de aguas con elevados contenidos en sales se debe a que, entre los sedimentos, que rellenan la cuenca, se encuentran sales evaporíticas (principalmente yeso), que por solubilidad dan origen a aguas salobres o saladas.

Como parte de este estudio, se realizarán análisis en pozos de agua subterránea ubicados cerca del área de la fábrica de celulosa de PARACEL. Será realizado el Monitoreo de Calidad de las Aguas Subterráneas para verificar la calidad del agua subterránea, antes de la implantación y operación de la fábrica de celulosa (*background*).

La recolección de muestreo de aguas subterráneas será ejecutada en 06 (seis) puntos, abarcando los períodos secos y lluviosos de la región. En la figura y la tabla siguiente se muestra la ubicación de los puntos.

Debido a la pandemia de coronavirus, no fue posible ejecutar la recolección de las muestras de agua subterránea. Así los resultados de este monitoreo serán presentados después.

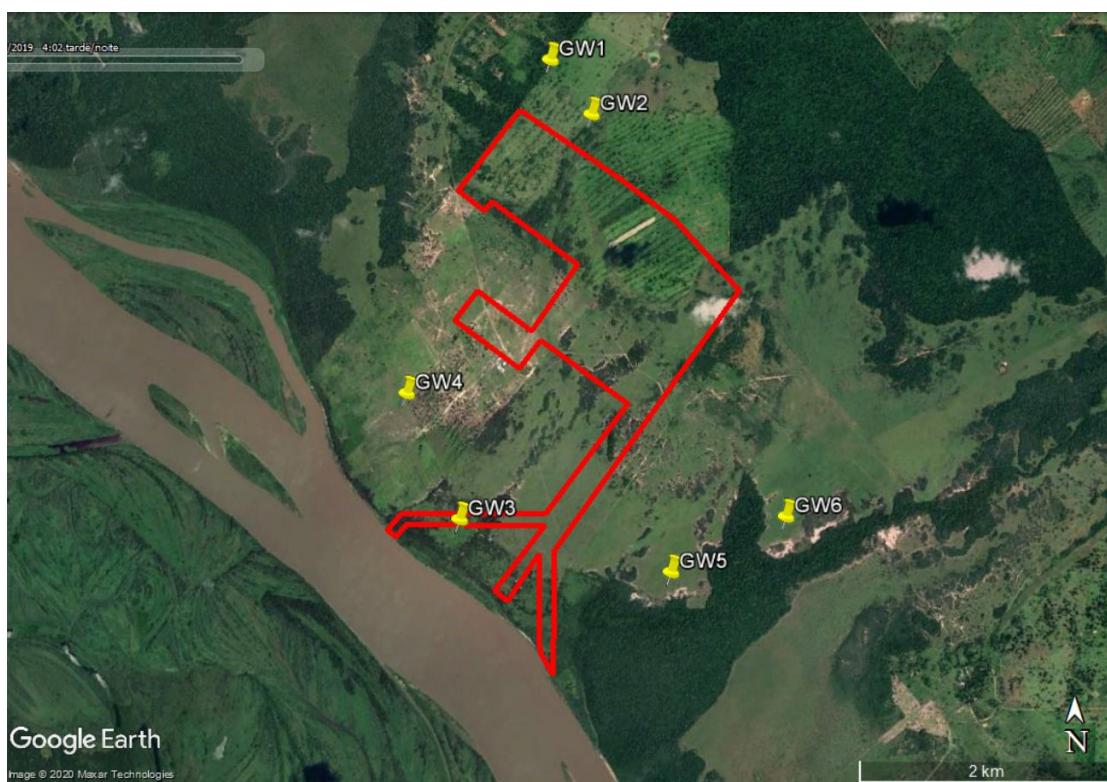


Figura 82 – Ubicación de los puntos de monitoreo de las campañas de recolección de agua subterránea. Fuente: Adaptado de *Google Earth* (2020).

Tabla 21 – Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua subterránea

Punto	Coordenadas
GW1	23°13'54.71"S 57°29'25.08"O
GW2	23°14'8.63"S 57°29'13.66"O
GW3	23°15'51.86"S 57°29'50.26"O
GW4	23°15'19.78"S 57°30'4.88"O
GW5	23°16'5.34"S 57°28'51.63"O
GW6	23°15'51.16"S 57°28'19.73"O

Fuente: Pöyry Tecnología (2020)

REFERENCIAS

ABNT. **Norma NBR 10.151/2019**, que dispone cerca de la evaluación del nivel de ruido en zonas y áreas con habitación, con objetivo de confort de la comunidad – procedimiento.

AGP - ASOCIACIÓN DE GEÓLOGOS DEL PARAGUAY. **Geología del Paraguay**. Disponible en: < <http://www.geologiadelparaguay.com.py/GeoMain.htm>>

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. 2020. Disponible en: <<https://cicplata.org/es/>>.

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. **Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata-ADT**. – 1ª ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata - CIC ; Estados Unidos : Organización de los Estados Americanos - OEA, 2017. Disponible en: <https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analisis_diagnostico_transfronterizo_de_la_cuenca_del_plata.pdf>.

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. **Informe Final – PMARCO-CIC/OEA – Componente: Navegación**. 2014. Disponible en: <https://cicplata.org/wp-content/uploads/2019/08/Navegaci%C3%B3n-Paraguay_Oscar-Ruben-Ferreira-Baez.pdf>.

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. **Informe Final – PMARCO-CIC/OEA – Recursos Hídricos- Disponibilidad y Demanda de Agua**. 2015.

CTDCRP – Comisión Trinacional para el Desarrollo de Cuenca del Río Pilcomayo. **Caracterización, Localización, División Geográfica y Política**. 2020. Disponible en: <<https://www.pilcomayo.net/marcoreferencia>>.

ESSAP . **Diagnóstico del Sector Agua y Saneamiento**. 2020. . Disponible en: <<http://www.essap.com.py/tipo/sector-agua/>>.

FÚLFARO, V.J. **Geología del Paraguay Oriental**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1996.

FUNDACIÓN MOISÉS BERTONI. **Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades**. 1ra ed.— Fundación Moisés Bertoni, USAID, GEF/BM. 2007.

GODOY, E; PAREDES, J.L. **Acuíferos Potenciales del Paraguay**. Filadelfia – Chaco/Paraguay: Casila de Coreo, 1995.

MADES – MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2020. Disponible en: <<http://www.mades.gov.py/areas-tematicas/recursos-hidricos/>>.

MADES – MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. **Áreas Temáticas – Recursos Hídricos**. 2020. Disponible en: < <http://www.mades.gov.py/areas-tematicas/recursos-hidricos/>>.

MAGYP – MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE ARGENTINA. **Hidrografía Paraná-Paraguay**. 2020. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/infraestructura/archivos/000070_Hidrovia%20Paraguay/000010_Hidrovia%20Paraguay.pdf>.

PARAGUAY. **Ley n.º 1.100/1997**. Ley de Prevención de la Contaminación Sonora.

PMCIC – PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA. **Inventario de Humedales del Paraguay**. 1ª ed. - Ciudad de Asunción: Organización de los Estados Americanos - OEA, 2014. Disponible en: <http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/06/Producto-2_corregido-2015.pdf>.

RAMSAR. Ramsar Site Tifunque. 2020. Disponible en: <<https://rsis.ramsar.org/es/ris/730?language=es>>.

PONESSA, R.E.G. **Análisis de la variabilidad del clima en la región oriental del Paraguay en el período 1960-2012**. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Ambiental. San Lorenzo, Paraguay: 2017.

SEAM & DIGESA. **Proyecto de “ Control y Mejoramiento de la Calidad de las Aguas de la Cuenca Del Lago Ypacaraí y Río Paraguay**. 2006. Cooperación Técnica por la JICA – Informe Final. Disponible en: <<http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Agua/Informe%20AGUA%20JICA%20SEAM%20DIGESA.pdf>>.