

5 ANÁLISIS DEL AMBIENTE

5.1 Medio físico

5.1.1 Climatología

De acuerdo con los factores geográficos, así como por el comportamiento de los parámetros meteorológicos el clima de la región corresponde al tipo de clima árido de estepa. Según el Servicio Meteorológico Nacional (Fuerza Aérea Argentina), en la meseta, el clima es frío y seco, con veranos cortos e inviernos prolongados. Como consecuencia la vegetación de la meseta es xerófila, de tipo estepario, con pastos ralos y arbustos.

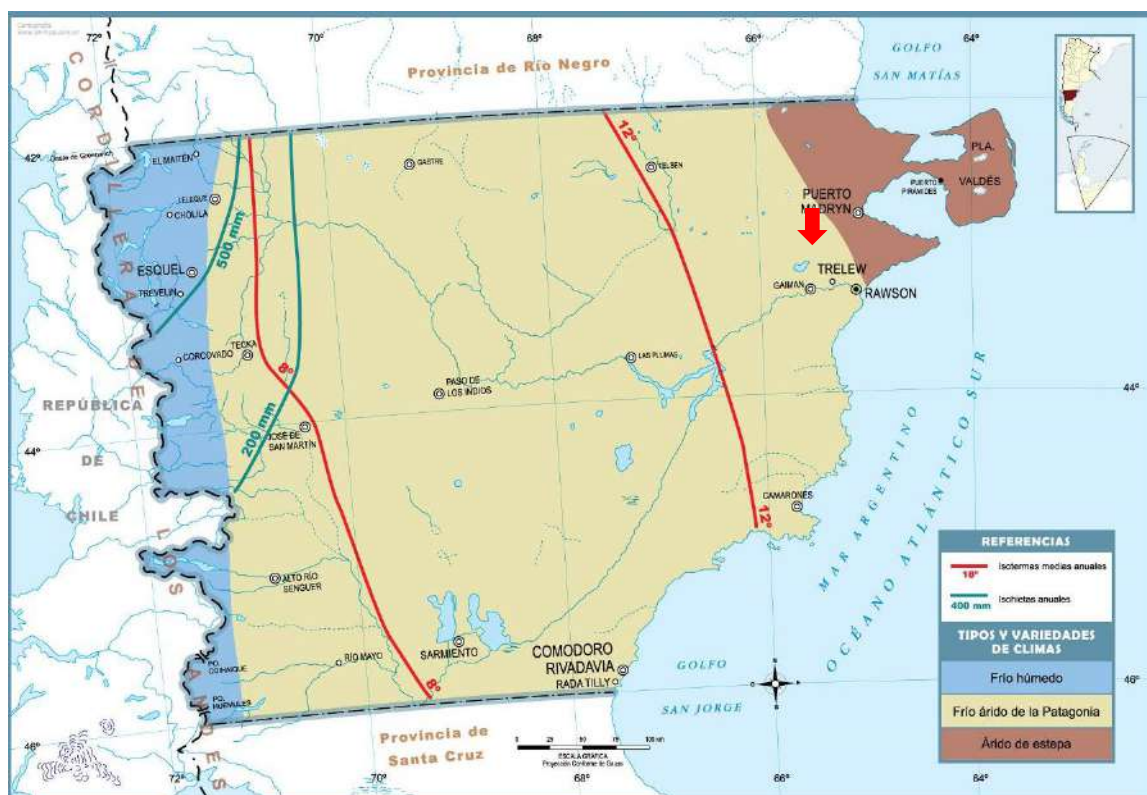


Figura 30. Tipos de Clima.

Fuente: <http://mapoteca.educ.ar/mapa/chubut/>

5.1.1.1 Temperatura

En la siguiente figura se exponen los valores mensuales medios de temperatura, la temperatura media anual y los valores máximos y mínimos medios de temperatura en la estación meteorológica Puerto Madryn.

La temperatura media anual es de 13,3°C, mientras que los valores medios máximos de temperatura a nivel mensual en el invierno oscilan en los 7,6°C y en el verano en los 21,8°C. Las temperaturas medias mínimas a nivel mensual en el invierno oscilan en los 4,7°C y en el verano en los 18,1°C.

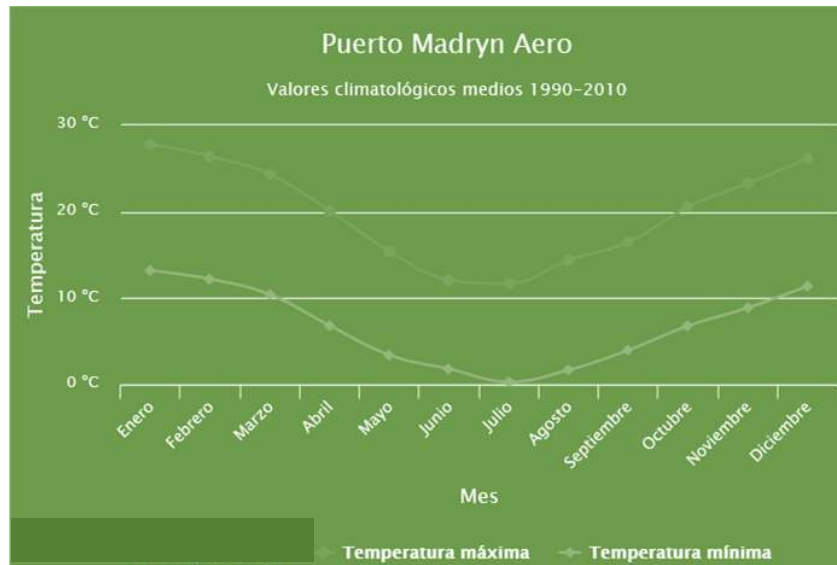


Figura 31. Temperatura media mensual -Estación Puerto Madryn.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

5.1.1.2 Precipitaciones

La mayor parte de la región integra un extenso corredor semiárido, que se extiende en diagonal entre el extremo noroeste de la Argentina y la costa Atlántica de la Patagonia. Mientras que la mayor parte de la Argentina al norte del río Colorado se encuentra bajo la influencia del régimen subtropical continental de lluvias de verano, la casi totalidad del territorio Patagónico está influido por el régimen de lluvias invernales del Pacífico.

La precipitación media ronda los 215 mm anuales, distribuyéndose en forma bastante regular durante el año, no pudiendo hallarse una estación lluviosa o seca. Existen picos de distribución en el mes de mayo y otros menores en marzo y octubre. La estación estival es la más seca, manifestándose con mayor intensidad en el mes de enero. El número anual promedio de días con precipitaciones superiores a los 3 mm es alrededor de 40 y superiores a los 10 mm oscila entre los 0 y 5 días. La frecuencia media de días de lluvia es de 20 a 40 días anuales con precipitaciones de 3 o más mm.

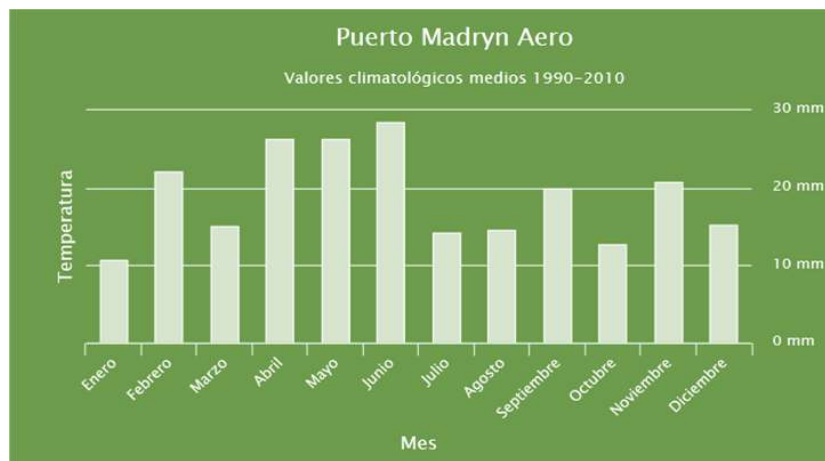


Figura 32. Precipitaciones- -Estación Puerto Madryn.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

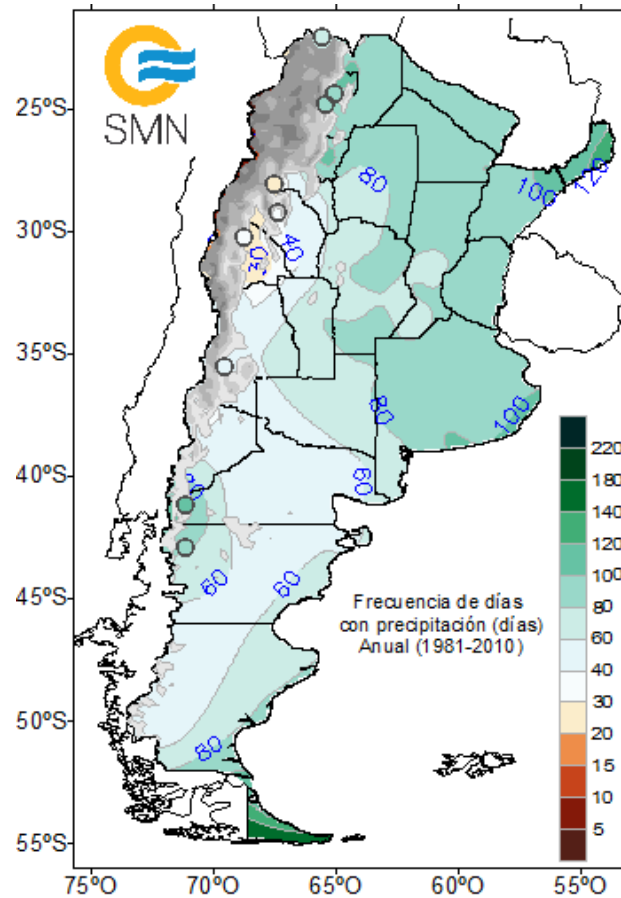


Figura 33. Precipitaciones.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

5.1.1.3 Humedad relativa

Los valores medios de humedad relativa se encuentran entre 42 y 71%, superándose el 60% sólo en el período de Abril a Julio. Los valores medios máximos de humedad relativa se dan en los meses Mayo y Junio (aproximadamente 80%) y los valores medios mínimos (alrededor de 34%) se observan de Octubre a Diciembre.

Tabla 29. Valores medios de Humedad Relativa (%), valores medios máximos y mínimos. Mensuales y anuales.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| Valor medio | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Medio | 43,2 | 49,4 | 54,8 | 60,7 | 66,1 | 70,8 | 65,9 | 59,0 | 56,7 | 49,5 | 46,2 | 42,6 | 54,5 |
| Mínimo | 38,4 | 44,1 | 46,6 | 54,3 | 50,8 | 59,0 | 55,7 | 51,4 | 45,5 | 34,9 | 35,0 | 32,3 | 50,3 |
| Máximo | 49,0 | 57,4 | 67,4 | 69,0 | 80,3 | 80,5 | 75,6 | 64,1 | 57,1 | 56,2 | 51,1 | 60,1 | 60,1 |

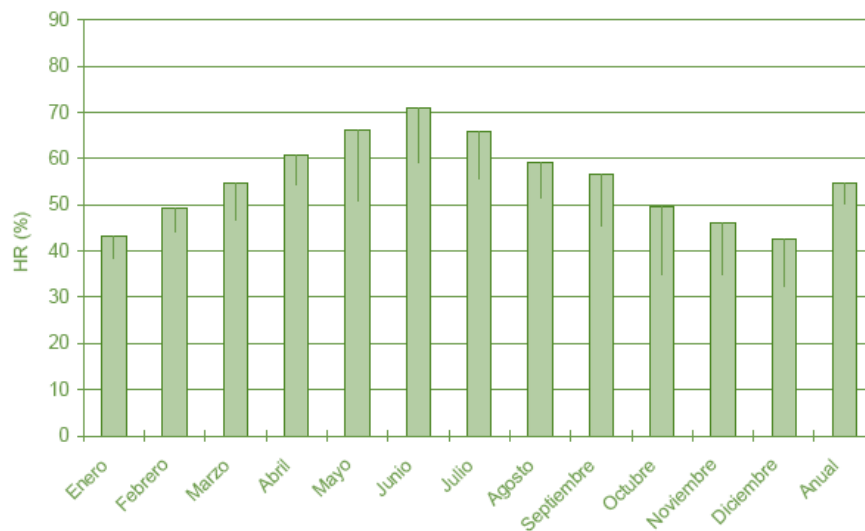


Figura 34. Humedad relativa - Estación Puerto Madryn

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

5.1.1.4 Vientos

El viento es uno de los factores de mayor influencia en el clima de la región, que debido a su gran intensidad y persistencia regulan la climatología de la ciudad. Las direcciones predominantes son del sector Sudoeste y Oeste, cubriendo en conjunto el 50% de las observaciones horarias al año. Su intensidad máxima supera los 100 km/h y el valor medio anual de intensidad es de 12,2 km/h, situándose el 70% de las observaciones anuales entre 10 y 30 km/h de intensidad media.

La persistencia del viento es en parte la responsable de la típica sequedad de la zona donde la Humedad Relativa media anual es del 60% conjuntamente con la escasa y variable precipitación.

En invierno, la formación de un sistema de alta presión continental con centro en 35°S aproximadamente, establece un gradiente de presión en dirección norte-sur. Esto acentúa la predominancia de los vientos del oeste en la Patagonia durante esta estación.

En verano, el desplazamiento hacia el sur de los anticiclones oceánicos, y la formación de un centro de baja presión sobre el continente produce vientos dominantes del oeste y sudoeste.

Durante los meses de transición de la primavera al verano la circulación atmosférica en Patagonia es afectada por centros migratorios de baja presión con una periodicidad de 2,5 a 4 días. Estos sistemas están asociados a ráfagas intensas de viento con dirección predominante del noroeste (Labraga, 1994). Durante esta época del año existe además una marcada variación diurna en la velocidad del viento, con máximos en horas de la tarde.

Durante el invierno y la primavera, ocasionales "situaciones sinópticas de bloqueo" (Grandoso y Nuñez, 1955), interrumpen el flujo predominante del oeste. Este patrón de circulación esporádico se debe al desarrollo y la permanencia, por varios días en algunos casos, de un centro de alta presión en el océano Atlántico entre 40° y 50° S, que advecta aire húmedo sobre toda la franja costera generando precipitaciones inusualmente intensas para la región.

Como el resto de la región patagónica, el área se encuentra bajo la influencia de anticiclones del pacífico del sur, lo cual genera el ingreso periódico de masas de aire frío que circulan en sentido S-SW a N-NE, provocando fuertes vientos en superficie (media anual 12 km/h, máximos hasta 110 – 130 km/h).

Tabla 30. Intensidad del viento (km/h) según dirección, valores medios mensuales.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| Dirección | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|
| N | 27,3 | 31,0 | 27,9 | 24,8 | 24,0 | 25,2 | 25,7 | 24,2 | 26,0 | 28,9 | 30,6 | 33,0 | 26,9 |
| NE | 23,3 | 23,0 | 18,2 | 16,2 | 14,6 | 16,5 | 16,2 | 17,0 | 20,1 | 20,05 | 19,4 | 23,3 | 19,7 |
| E | 28,8 | 21,6 | 21,6 | 16,2 | 13,1 | 18,0 | 15,0 | 16,1 | 17,4 | 20,0 | 21,0 | 21,5 | 20,0 |
| SE | 23,4 | 21,8 | 18,2 | 16,4 | 15,5 | 16,2 | 13,3 | 18,74 | 18,7 | 20,7 | 24,2 | 24,6 | 20,9 |
| S | 26,1 | 29,9 | 22,9 | 15,7 | 19,5 | 17,2 | 21,2 | 19,7 | 26,7 | 25,1 | 28,4 | 29,0 | 24,9 |
| SW | 31,9 | 28,0 | 25,7 | 20,8 | 22,9 | 25,7 | 25,7 | 28,5 | 28,1 | 30,5 | 31,9 | 33,5 | 28,5 |
| W | 31,9 | 29,7 | 26,7 | 24,3 | 24,5 | 23,4 | 24,4 | 26,9 | 28,2 | 31,0 | 34,8 | 34,5 | 28,6 |
| NW | 28,1 | 26,2 | 22,8 | 25,0 | 21,5 | 21,1 | 23,2 | 22,6 | 23,3 | 27,6 | 28,5 | 29,9 | 23,6 |

Tabla 31. Frecuencia del viento (escala 1000) según dirección, valores medios mensuales y anuales.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| Dirección | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| N | 170 | 141 | 197 | 256 | 225 | 246 | 242 | 217 | 198 | 196 | 159 | 121 | 197 |
| NE | 54 | 49 | 57 | 52 | 25 | 26 | 15 | 25 | 71 | 58 | 66 | 58 | 46 |
| E | 171 | 160 | 112 | 83 | 38 | 29 | 6 | 47 | 79 | 126 | 186 | 189 | 102 |
| SE | 83 | 83 | 68 | 54 | 33 | 20 | 6 | 18 | 62 | 63 | 90 | 95 | 56 |
| S | 70 | 139 | 74 | 54 | 36 | 28 | 33 | 39 | 58 | 49 | 48 | 53 | 56 |
| SW | 131 | 59 | 68 | 57 | 70 | 60 | 119 | 86 | 92 | 79 | 87 | 83 | 83 |
| W | 230 | 252 | 232 | 212 | 248 | 274 | 239 | 257 | 254 | 267 | 231 | 292 | 249 |
| NW | 61 | 80 | 141 | 191 | 269 | 279 | 290 | 257 | 143 | 120 | 111 | 81 | 169 |
| Calma | 29 | 38 | 51 | 42 | 55 | 39 | 50 | 54 | 43 | 42 | 22 | 28 | 41 |

Tabla 32. Número de días con viento fuerte ($v > 43\text{km/h}$), valores medios mensuales y anuales.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| 10,4 | 8,6 | 7,8 | 6,0 | 7,5 | 5,1 | 7,3 | 8,0 | 5,6 | 10,7 | 12,6 | 12,8 | 99,7 |

5.1.1.5 Heladas y Granizos

Los valores de frecuencia media de las heladas que se producen en la zona permiten establecer como fecha media de las primeras heladas el 13 de marzo y la última el 14 de noviembre, es decir, que las heladas o la probabilidad que se produzcan cubren 248 días al año, mientras que el período libre abarca 117 días como promedio.

El número promedio de heladas anuales es de 47,2. Estos valores disminuyen desde la costa al interior.

5.1.1.6 Presión atmosférica

A continuación se exponen los valores medios de presión, y sus valores medios máximos y mínimos, mensuales y anuales, tanto a nivel de la estación meteorológica (136 metros de altura sobre el nivel del mar), como a nivel del mar.

Tabla 33. Valores medios de Presión a nivel de la estación meteorológica (hPa), valores medios máximos y mínimos. Mensuales y anuales

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| Valor medio | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Medio | 992,5 | 994,5 | 995,0 | 995,7 | 999,1 | 995,4 | 997,1 | 997,3 | 998,5 | 996,8 | 992,2 | 992,2 | 995,7 |
| Mínimo | 991,0 | 991,4 | 992,6 | 991,6 | 992,3 | 991,7 | 991,3 | 995,4 | 995,4 | 994,7 | 990,5 | 990,5 | 994,6 |
| Máximo | 994,3 | 998,5 | 996,8 | 999,8 | 1001,0 | 999,9 | 1001,5 | 999,1 | 1000,5 | 1000,7 | 994,5 | 994,5 | 996,6 |

Tabla 34. Valores medios de Presión a nivel del mar (hPa), medios máximos y mínimos. Mensuales y anuales.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| Valor medio | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Medio | 1108,2 | 1010,4 | 1010,9 | 1011,9 | 1013,5 | 1012,1 | 1013,8 | 1013,8 | 1017,9 | 1013,0 | 1009,6 | 1008,0 | 1011,9 |
| Mínimo | 1006,8 | 1007,2 | 1008,5 | 1007,7 | 1008,8 | 1008,2 | 1008,0 | 1011,9 | 1011,8 | 1010,8 | 1007,3 | 1006,1 | 1010,8 |
| Máximo | 1010,1 | 1014,5 | 1012,8 | 1016,2 | 1017,6 | 1016,7 | 1018,2 | 1015,7 | 1016,9 | 1016,9 | 1012,4 | 1010,3 | 1012,8 |

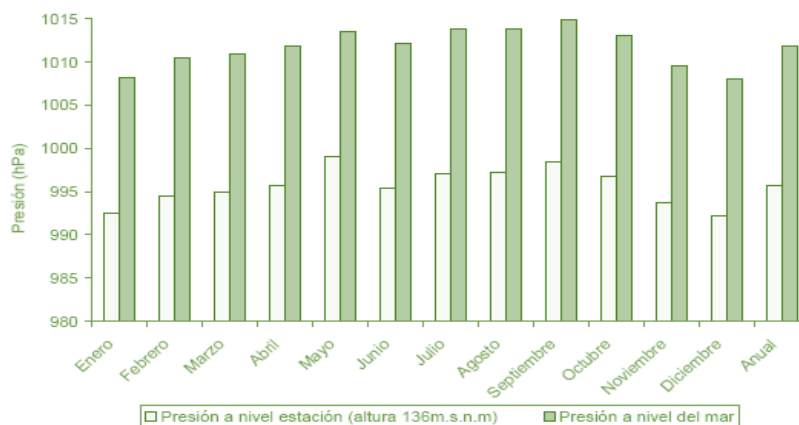


Figura 35. Presión - Estación Puerto Madryn

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

5.1.1.7 Tormentas

Se observa que los meses con un promedio mayor de días con tempestad de polvo o arena son de octubre a enero y marzo, mientras que de noviembre a marzo se dan los promedios de mayores días con tormenta. Por otro lado, se observa que tanto en enero como en febrero no hubo días con niebla y que de mayo a Julio hay un promedio de aproximadamente 1 día con niebla.

Tabla 35. Número de días con Tempestad de polvo o arena valores medios mensuales

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1,0 | 0,4 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 8,6 |

Tabla 36. Número de días con Tormenta (días), valores medios mensuales

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1,5 | 1,1 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 8,1 |

Tabla 37. Número de días con Niebla (días), valores medios mensuales

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | Anual |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,4 | 11 | 1,0 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 5,0 |

5.1.1.8 Cielos claros

El número anual promedio de días con cielo claro para el área de estudio se encuentra entre las isonefas de los 40 y 60.

5.1.2 Geología y Geomorfología

El sector estudiado se encuentra acotado a un área pequeña donde las características de los rasgos físicos son muy homogéneas y resultan ser semejantes a las inmediaciones al área descrita, manteniéndose el contexto litológico y estructural a escala regional. Se sintetizan los principales rasgos geológicos y geomorfológicos del área.

5.1.2.1 Rasgos geológicos generales

El sitio del proyecto está comprendido dentro de la Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, (Haller et al, 2005), del Servicio Geológico Minero Argentino (Figura 36). La geología de la zona es sencilla, aflorando solamente rocas sedimentarias de edad terciaria sobre las cuales se han depositado las sedimentitas cuaternaria.

El basamento está constituido por vulcanitas jurásicas encontrándose aproximadamente a 190 m de profundidad en la ciudad de Puerto Madryn y aflorando unos 60 km al oeste de esta ciudad (Haller, et al 2005).

La secuencia de sedimentitas marinas del Terciario superior que afloran extensamente en la región corresponde a un único ciclo sedimentario marino regresivo que abarca a las unidades denominadas "Patagónica" o Formación Gaiman y "Entrerriense-Rionegrense" o Formación Puerto Madryn, (Scasso y del Río, 1987).

La **Formación Gaiman** (Oligoceno superior) aflora en las barrancas del valle del río Chubut, al borde de la ruta que une Trelew con Pto. Madryn en el bajo Simpson y en la costa de los golfos San José y Nuevo. Está constituida por fangolitas cineríticas con escasos niveles arenosos finos intercalados, de colores claros y

estructura maciza, con frecuentes bioturbaciones y marcas de organismos perforantes. No se hallan restos fósiles.

Sobre esta unidad se encuentra la **Formación Puerto Madryn** (Mioceno) que aflora en la parte superior de las barrancas del valle del río Chubut y del acceso a Pto. Madryn, y en los acantilados que limitan la Península Valdés en las márgenes de los golfos San José y Nuevo. Está compuesta por areniscas y pelitas de colores castaños y amarillentos portadoras de la megafauna característica de Península Valdés: moluscos, equinodermos y braquiópodos, y en menor proporción briozoarios y artrópodos. En la mayoría de los casos corresponden a acumulaciones post-mortem, que por el estado de conservación de la fauna y el tipo de concentraciones fosilíferas permiten diferenciar distintos tipos de coquinas.

Los predios donde se implantarán los futuros Parques Eólicos La Flecha y San José se encuentran sobre depósitos de grava denominados **Rodados Patagónicos** (Fidalgo y Riggi, 1970). Estos corresponden al Plioceno superior – Pleistoceno inferior, límite Terciario-Cuaternario. Son sedimentos de grava arenosa de origen fluvial que se encuentran coronando la meseta que se extiende desde la costa hacia el oeste de la región y conforman una densa cubierta de rodados de espesores variables, que pueden alcanzar hasta 6 m. Estos depósitos están constituidos por conglomerados polimícticos clastosostén con matriz intersticial areno-arcillo-limosa, cementados en parte con un material de naturaleza carbonática. Los clastos son en su mayoría de vulcanitas ácidas, están bien redondeados y presentan diámetros que oscilan entre los 3 y 5 cm. Es común observar una cubierta de pátina de material calcáreo. Pueden presentar estructuras sedimentarias masivas, estratificación horizontal y entrecruzada.

Esta unidad está cubierta por una capa de material arenoso con abundantes clastos líticos y carbonáticos, y se apoya mediante discordancia de erosión sobre las sedimentitas marinas terciarias de la Formación Madryn, y donde ella está ausente, sobre la Formación Gaiman.

La zona no es susceptible de actividad sísmica ni volcánica.



Figura 36. Cuadro estratigráfico de la región.

Fuente: Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, Provincia de Chubut. SEGEMAR. Buenos Aires. (Haller et al, 2005).

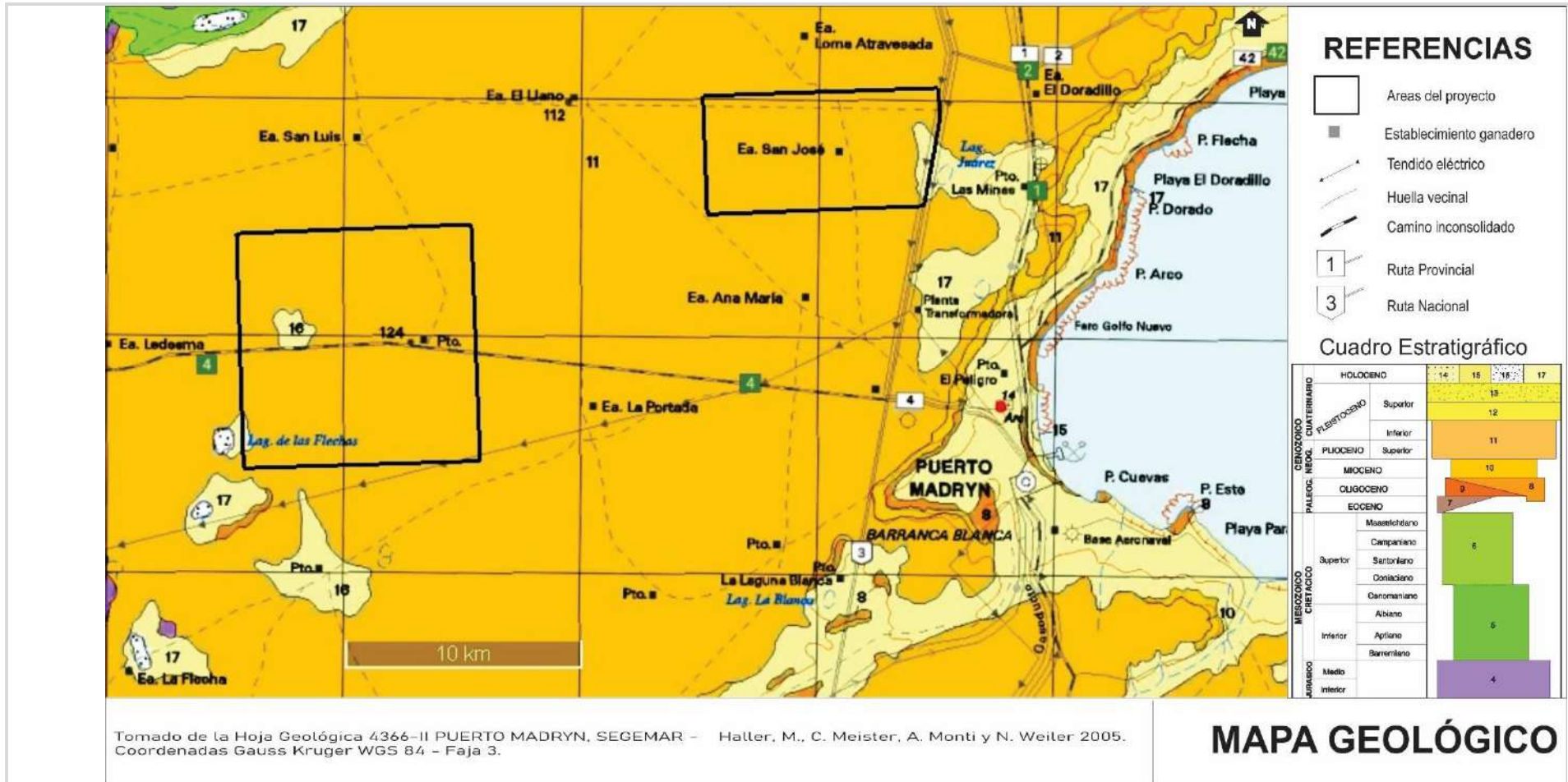


Figura 37. Mapa Geológico

Fuente: Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, Provincia de Chubut. SEGEMAR. Buenos Aires. Escala 1:250.000. (Haller et al, 2005).

5.1.2.1.1 Unidades estratigráficas presentes en el área del proyecto y su descripción.

La geología del área de la Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, comprende metamorfitas de edad precámbrica-paleozoica, sedimentitas y plutonitas paleozoicas, vulcanitas y rocas asociadas de edad mesozoica y sedimentitas cenozoicas. Sobre un relieve labrado en estas unidades, se depositaron sedimentos recientes. Las distintas unidades que conforman la geología de la región están resumidas la siguiente tabla

Tabla 38. Cuadro estratigráfico de la Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn

Fuente: Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, Provincia de Chubut. SEGEMAR. Buenos Aires. Escala 1:250.000. (Haller et al, 2005).

| PERÍODO | ÉPOCA | UNIDAD GEOLÓGICA | LITOLOGÍA |
|----------------------------------|--|---|--|
| CUATERNARIO | Holoceno | Depósitos eólicos, aluviales y coluviales | Arenas, limos, gravas y arcillas |
| | | Sedimentos finos de bajos y lagunas | Limos, arcillas y evaporitas |
| | | Formación San Miguel | Gravas y arenas |
| | | Formación Bajo Simpson | Gravas, arenas y limos |
| | Pleistoceno Superior | Formación Puerto Lobos | Conglomerados |
| | | Formación Eizaguirre | Gravas y limos |
| TERCIARIO | Plioceno superior - Pleistoceno inferior | Rodados Patagónicos | Conglomerados |
| | Mioceno | Formación Puerto Madryn | Areniscas, fangolitas y coquinas |
| | Oligoceno | Formación Sarmiento | Areniscas y chonitas |
| | Eoceno superior - Oligoceno | Formación Gaiman | Cineritas, areniscas y limolitas |
| | Eoceno | Formación Arroyo Verde | Areniscas calcáreas y calizas |
| CRETÁCICO | Coniaciano – Maastrichtiano | Formación La Colonia | Arcillitas, limolitas, areniscas y calizas |
| | Barremiano – Cenomaniano | Grupo Chubut | Areniscas |
| JURÁSICO | Inferior - Medio | Complejo Marifil | Lavas, piroclastitas y rocas hipabisales asociadas |
| PALEOZOICO SUPERIOR | | Plutonitas del Paleozoico Superior | Granitos y dioritas |
| SILÚRICO | | Formación Sierra Grande | Sedimentitas y piroclastitas |
| INFERIOR –PALEOZOICO PRECÁMBRICO | | Ectinitas El Jagüelito | Esquistos y metapelitas |

Las mas representativas en el área de influencia del proyecto son:

Complejo volcánico Marifil (4).

El término litoestratigráfico Formación Marifil fue acuñado por Malvicini y Llambías (1974 a), para referirse al conjunto de vulcanitas ignimbríticas de composiciones predominantemente ácidas que constituían parte de un plateau ignimbrítico. Se distribuyen en el sector centro-occidental y noroccidental de la Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn.

La litología dominante en esta unidad son las tobas soldadas de composición riolítica, que se disponen en forma de mantos superpuestos de espesores variables. Las rocas piroclásticas están acompañadas por lavas y por intrusivos someros en general riolíticos. Subordinadamente hay depósitos piroclásticos no aglutinados y epiclastitas de distintos tamaños de grano. Las tobas soldadas tienen coloraciones variables, desde gris rosado a gris oscuro, presentan textura porfírica a porfiroclástica. En ocasiones se observan litoclastos de rocas volcánicas. Se aprecian numerosas formas semejantes a fiammes. En algunos ejemplares el aspecto es notablemente fresco y su fractura es concoidea a irregular. En ciertos sectores, el

aplastamiento que dio origen a las fiammes desarrolla un lajamiento subhorizontal, por efecto estructural y debido al diferencial térmico.

Formación La Colonia (6)

Estas sedimentitas están conformadas por arcilitas, limolitas, areniscas, conglomerados y calizas, originadas en ambientes lagunares y marinos poco profundos. Se reúne bajo Formación La Colonia a todas las rocas sedimentarias que se hallan estratigráficamente por encima del Grupo Chubut y están limitadas en su techo por la Formación Arroyo Verde, por considerar que representan un mismo ciclo sedimentario en un ambiente costero donde coexistían lagunas litorales, ríos y depósitos marinos someros.

La secuencia tipo aflora al occidente del área del proyecto, está integrada por areniscas grises, medianas a muy gruesas, conglomerádicas y friables, con laminación en la base. Continúan hacia arriba areniscas tobáceas castaño claras, de grano fino a muy fino, con estratificación entrecruzada y concreciones ferruginosas y troncos opalizados de hasta 3 m de largo. El tramo superior está compuesto por areniscas tobáceas de color rojo pálido, de naturaleza fina a limosa, cementada en partes por sílice, que contienen bioturbaciones de organismos cavadores de hasta 1 cm de diámetro.

En Sierra Chata afloran 10 m de arcilitas de naturaleza montmorillonítica, de color verde claro grisáceo, con delgados bancos de areniscas subordinadas. La secuencia está coronada por 7 m de calizas silicificadas de color castaño amarillento mediano con abundantes fragmentos de conchillas fósiles, que se disponen en forma subparalela, confiriendo una estratificación grosera a la roca. Los fragmentos de conchillas están contenidos en la masa muy fina y homogénea, muy silicificada.

Las calizas presentan abundantes restos de invertebrados y algunos bancos contienen improntas indeterminables de plantas con tallos y hojas. Las arcilitas contienen moldes mal conservados de plantas y restos de tamaños variables de troncos silicificados.

Formación Gaiman (8)

Se designa como Formación Gaiman (Haller y Mendía, 1980), a las pelitas de naturaleza cinerítica asignadas al denominado ciclo marino Patagoniano que afloran en el sector septentrional de la Patagonia. Estos autores demostraron que los elementos piroclásticos se hallan presentes, al menos localmente, en toda la columna terciaria de la Patagonia y que, por otro lado, existen localidades asignadas al Patagoniense en las cuales las cenizas se hallan ausentes. Recomendaron restringir el uso del término Grupo o Formación Patagonia a su área tipo en la Patagonia Austral, y utilizar otra denominación litoestratigráfica para las sedimentitas aflorantes en otras cuencas. En ese sentido, para el sector comprendido entre Camarones y Sierra Grande propusieron la de Formación Gaiman para estos depósitos.

Los asomos de la Formación Gaiman en el ámbito de la Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, se distribuyen principalmente por la zona costera, encontrándose otros afloramientos en el sector continental adyacente al mar. En algunas depresiones elaboradas en la cubierta mesetiforme de Rodados Patagónicos también aflora esta unidad.

Está constituida por sedimentitas y piroclastitas (tufitas, areniscas, tobas, limolitas y calizas) dispuestas en bancos con estratificación normal, con escasos niveles arenosos finos intercalados, de colores claros y blanquecinos con frecuentes bioturbaciones y marcas de organismos perforantes. El ambiente deposicional se corresponde con el marino costero y sublitoral, con aporte de material piroclástico fino. La presencia de areniscas con estratificación cruzada denota un ambiente de alta energía, en contra posición a la alternancia de niveles de arcillita y tufitas que representan variaciones del nivel del mar.

La Formación Gaiman aflora en las barrancas del valle del río Chubut, en el bajo Simpson al borde de la ruta Nacional N° 3 que une Trelew con Pto. Madryn y en la costa de los golfos San José y Nuevo. Inmediatamente al oeste de Puerto Madryn, en las barrancas situadas detrás del Autódromo, afloran 25 m de tobas cineríticas de grano muy fino, bien consolidadas, macizas, de color gris amarillento. Presentan moldes mal conservados de gasterópodos y bivalvos, y concreciones de formas caprichosas de hasta 15 cm de longitud. En Bardas Blancas el contenido paleontológico es abundante aunque disperso. El estado de conservación de los fósiles no permite, empero una determinación fehaciente en la mayoría de los casos. Se han identificado los gasterópodos *Gibbula philippi*, *Turritella iheringhi* y *T. ambulacrum* y un posible *Astartidae* entre los bivalvos. Al microscopio se observan numerosos restos de diatomeas y espículas.

Formación Puerto Madryn (10)

Los afloramientos de la Formación Puerto Madryn están representados por areniscas, limolitas, conglomerados, tufitas y coquinas, distinguiéndose por su color castaño amarillento que los diferencian respecto de las capas blanquecinas de la Formación Gaiman que los infrayacen.

Su malacofauna ha sido estudiada y revisada detalladamente por del Río (1988, 1990, 1991, 1992 y 1994). Según esta investigadora, la Formación Puerto Madryn contiene, entre otros, los siguientes ejemplares: *Arca (Arca) particularis*, *Lucinisca sp.*, *Pteromyrtea danieli*, *Diplodonta (Felaniella) vilardeboana*, *Venericardia (Purpurocardia) leonensis*, *V. ("Cyclocardia") nortensis*, *Dinocardium novus*, *Spisula (Mactromeris) longa*, *Polymesoda (Egeta) salobris*, *Pitar (Pitar) laziarina*, *P. (Fidespitar) mutabilis*, *Dosinia (Dosinia) cuspidata*, *Chionopsis (Chionopsis) australis*, *Anomalocardia (Anomalocardia) entrerriana*, *Ameghinomya argentina*, *A. meridionalis*, *Caryocarbula pulchella*, *Bothrocobula (Hexacorbula) caduca*, *Panopea (Panopea) regularis*, *P. (Panopea) quemadensis*, *Protothaca (Protothaca) antiqua*, *Cyrtopleura (Scoginopholas) lanceolata*.

Otras formas orgánicas encontradas corresponden a huesos de cetáceos, dientes de raya, troncos opalizados, restos de cangrejos, como *Geryon peruviano*, y numerosos rastros de serpúlidos y de otros organismos cavadores, tanto verticales como horizontales. También se han coleccionado varios esqueletos de peces bien conservados (Riva Rossi y Cozzuol, 1995).

Rodados Patagónicos (11)

Se denominan Rodados Patagónicos, de acuerdo al criterio enunciado por Fidalgo y Riggi (1970), a los depósitos de grava arenosa que coronan la superficie mesetiforme más elevada que se extiende desde la costa hacia el oeste de la región.

Están representados por sedimentos de origen fluvial conformados por bancos de conglomerados polimícticos con matriz areno-arcillo-limosa, cementados en parte con un material de naturaleza carbonática. Pueden presentar estructuras sedimentarias masivas, estratificación horizontal y entrecruzada.

Los clastos están bien redondeados y presentan diámetros que oscilan entre los 3 y 5 cm, son predominantemente subesféricos a subelongados y tienen una composición de vulcanitas silíceas, andesíticas y basálticas. En ocasiones, aparecen bancos de areniscas loessoides de color castaño en la base de la formación. Se asigna a los Rodados Patagónicos una edad plioceno -pleistocena temprana.

Esta unidad está cubierta por una capa de material arenoso con abundantes clastos líticos y carbonáticos, y se apoya mediante discordancia de erosión sobre las sedimentitas marinas terciarias de la Formación Madryn, y donde ella está ausente, sobre la Formación Gaiman.

Sedimentos finos de bajos y lagunas (16)

Las depresiones endorreicas de la comarca tienen sus fondos cubiertos por sedimentos muy finos, como limos, limos arcillosos y arcillas de colores castaño claro a gris claro. Asociados a estos sedimentos se encuentran depósitos evaporíticos, entre los que predomina la halita. El espesor de la sal varía entre 1 y 3 milímetro.

Depósitos eólicos, aluviales y coluviales (17)

Se hallan distribuidos ampliamente y se encuentran representados por los depósitos de faldeo, constituidos por gravas removidas de los Rodados Patagónicos que se encuentran sobre los distintos niveles de pedimentos litorales. Completan la secuencia moderna los depósitos correspondientes a terrazas fluviales, arenas y limos de planicies aluviales de arroyos y cañadones, depósitos de bajos y salitrales, arenas de médanos y depósitos provenientes de procesos de remoción en masa.

Estos depósitos cubren sectores diseminados por toda la comarca, están compuestos por sedimentos no consolidados de color gris claro a castaño claro, cuyo tamaño de grano corresponde a arena fina a mediana, mezclada con proporciones variables de limos, arcillas y algunos rodados dispersos.

Las acumulaciones son relativamente delgadas y tienen su origen en el material procedente de la erosión de las distintas unidades geológicas aflorantes en la zona.

En el sector situado al sur-sureste de Puerto Madryn se desarrollan médanos activos. Litológicamente se trata de arena mediana a fina con participación de fracción pelítica y muy escasa de tamaño grava.

5.1.2.2 Rasgos geomorfológicos generales

El área donde se desarrollará el proyecto se encuentra dentro del *Sistema Geomorfológico de Mesetas* (Súnico, 1996). Corresponde al típico paisaje de la región oriental de la Patagonia, de extensas mesetas, cubiertas por un potente manto de rodados, escasas diferencias de alturas relativas y con una suave pendiente regional hacia el noreste. Esta gran unidad se extiende conformando suaves lomadas que descienden gradualmente y delimitan por el este con el sector costanero, de acuerdo a lo que se observa en la fotografía siguiente.



Fotografía 12. Relieve de meseta con suaves ondulaciones del terreno.

Las bajadas costaneras consisten en distintos niveles de pedimentos litorales y abanicos aluviales, constituidos por material retrabajado de los Rodados Patagónicos mezclados con material de las sedimentitas terciarias. Numerosas cárcavas conforman cañadones que bajan hacia el mar, resultando del proceso de erosión hídrica asociado a fenómenos de remoción en masa.

La red de drenaje se encuentra muy poco desarrollada e integrada. El principal tipo de escurrimiento es en forma de manto, encontrándose en forma subordinada cárcavas poco profundas e incipientes surcos de escurrimiento.



Se observa un microrelieve de montículos asociados a la vegetación arbustiva que alterna con áreas de suelo desnudo, cubierto por pavimento de desierto.

Fotografía 13. Microrelieve de montículos asociados a la vegetación alternando con pavimento de desierto.

En la región se encuentran algunos bajos de distintos tamaños que constituyen cuencas cerradas de fondo arcilloso que actúan como pequeños reservorios de agua (Fotografía 6). Estos funcionan como cubetas de deflación en períodos de sequía y en períodos más húmedos concentran esporádicamente el agua de las precipitaciones a través de arroyos temporarios que drenan hacia estos bajos endorreicos.



Fotografía 14. Bajos con fondos arcillosos.

5.1.2.2.1 Principales unidades geomorfológicas en el área del proyecto.

González Díaz y Di Tommaso (2011) estudiaron el antiguo abanico aluvial generado por un complejo paleodrenaje del río Chubut, en el área de su desembocadura al Atlántico, que estaba situada al norte del actual valle del río Chubut. De acuerdo a estos autores, se distinguieron en este antiguo abanico aluvial tres sistemas geomórficos aterrazados, a los que denominaron niveles y diferenciaron un nivel superior, medio e inferior, dispuestos a dispares alturas y de variado grado de conservación. Escarpas de erosión de diversas alturas y grados de disección, señalan los límites entre los distintos niveles.

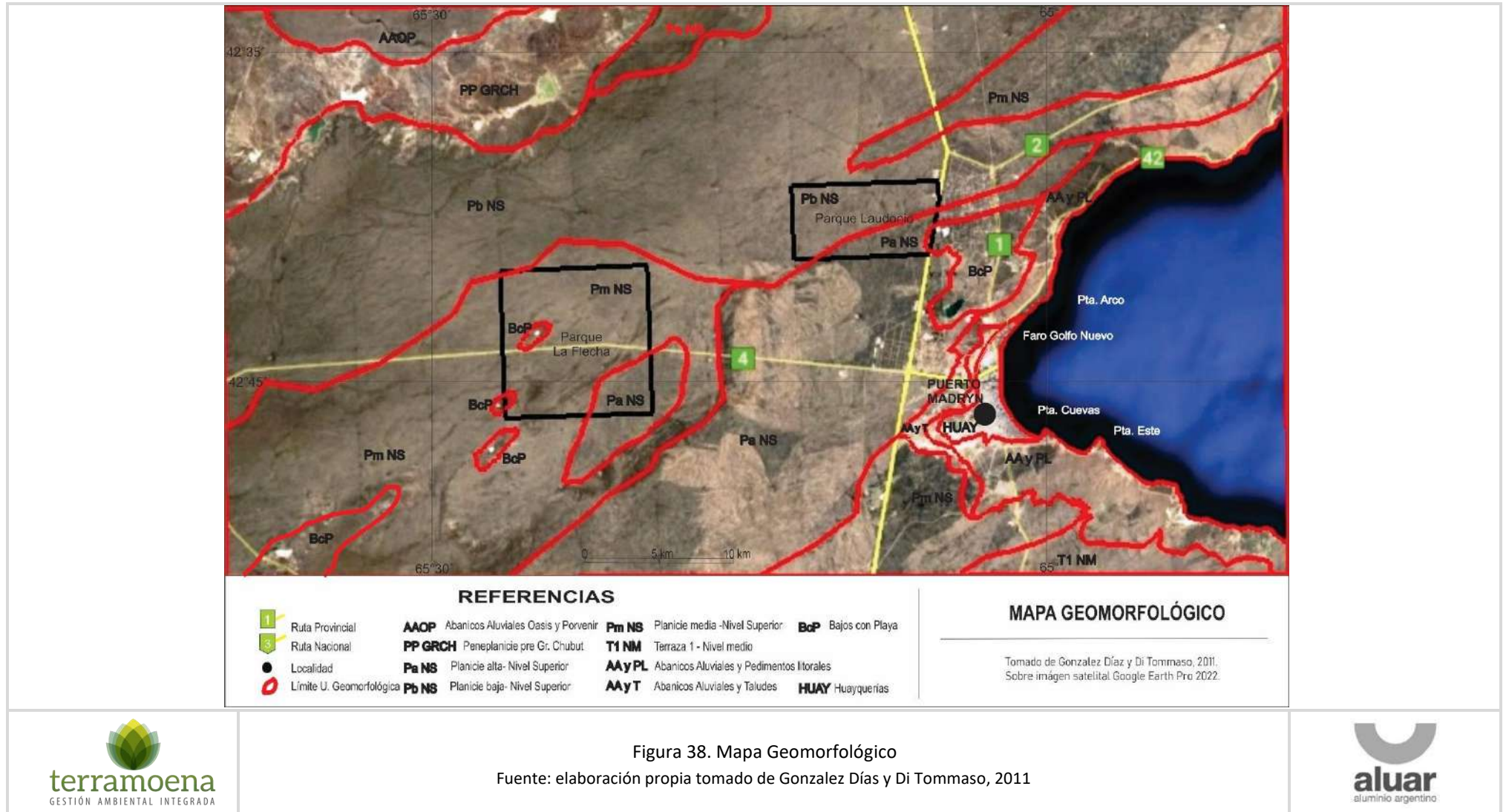
El área del proyecto está dentro de la unidad geomorfológica correspondiente al nivel superior, en el cual estos autores reconocieron remanentes de los depósitos de tres planicies aluviales a las que denominaron planicie alta (Pa), planicie media (Pm) y planicie baja (Pb).

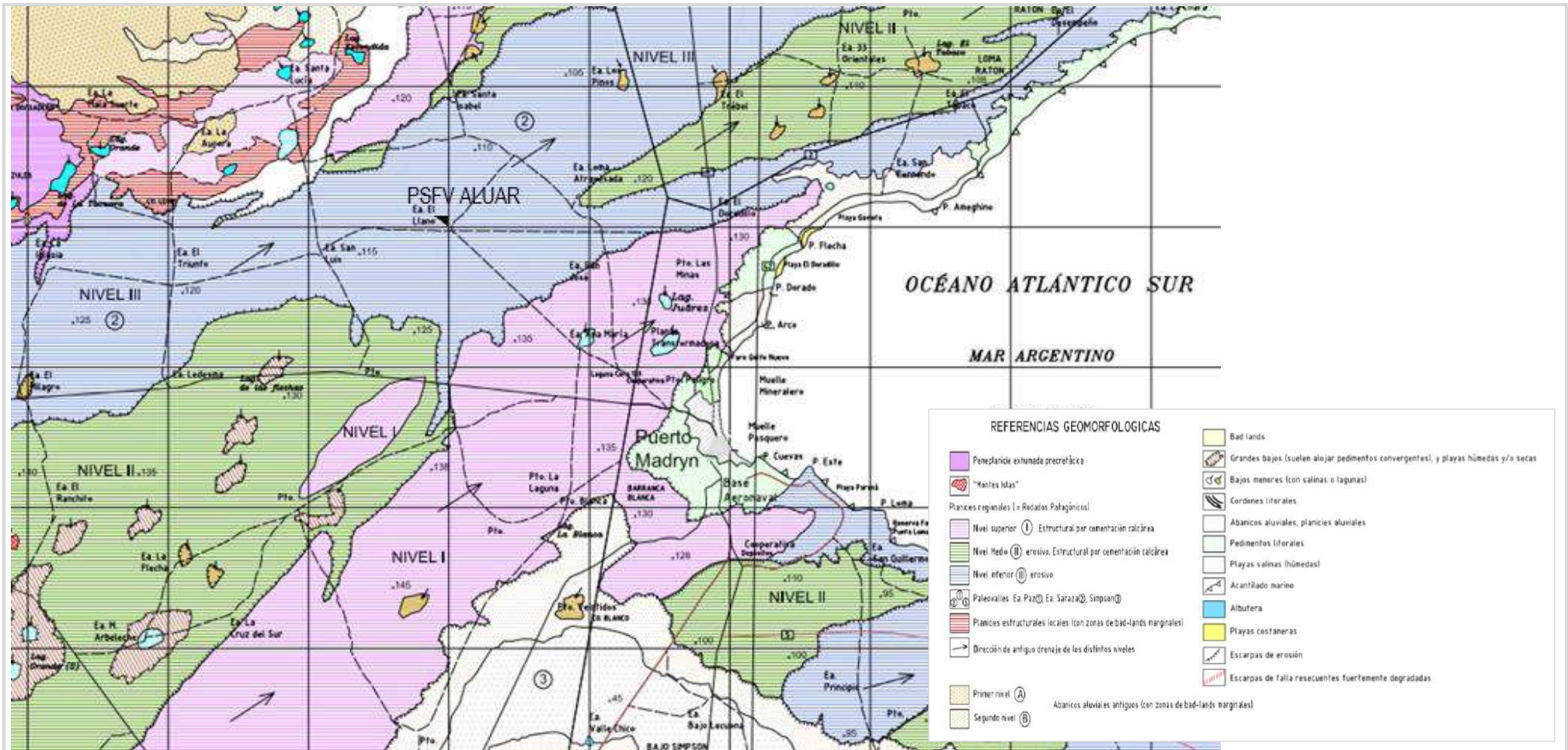
La *planicie alta* (Pa) representa una fase agradacional inicial del nivel superior. Su red de drenaje presenta una pendiente general suave, un diseño distributivo grueso, considerado relíctico. Los restos de la planicie aluvial previa con anchos y extensos canales, muestran el característico hábito entrelazado. Su régimen efímero actual, sólo es activado durante precipitaciones ocasionales. Escarpas de erosión con desniveles de más de 6 m constituyen los bordes con Pm o Pb.

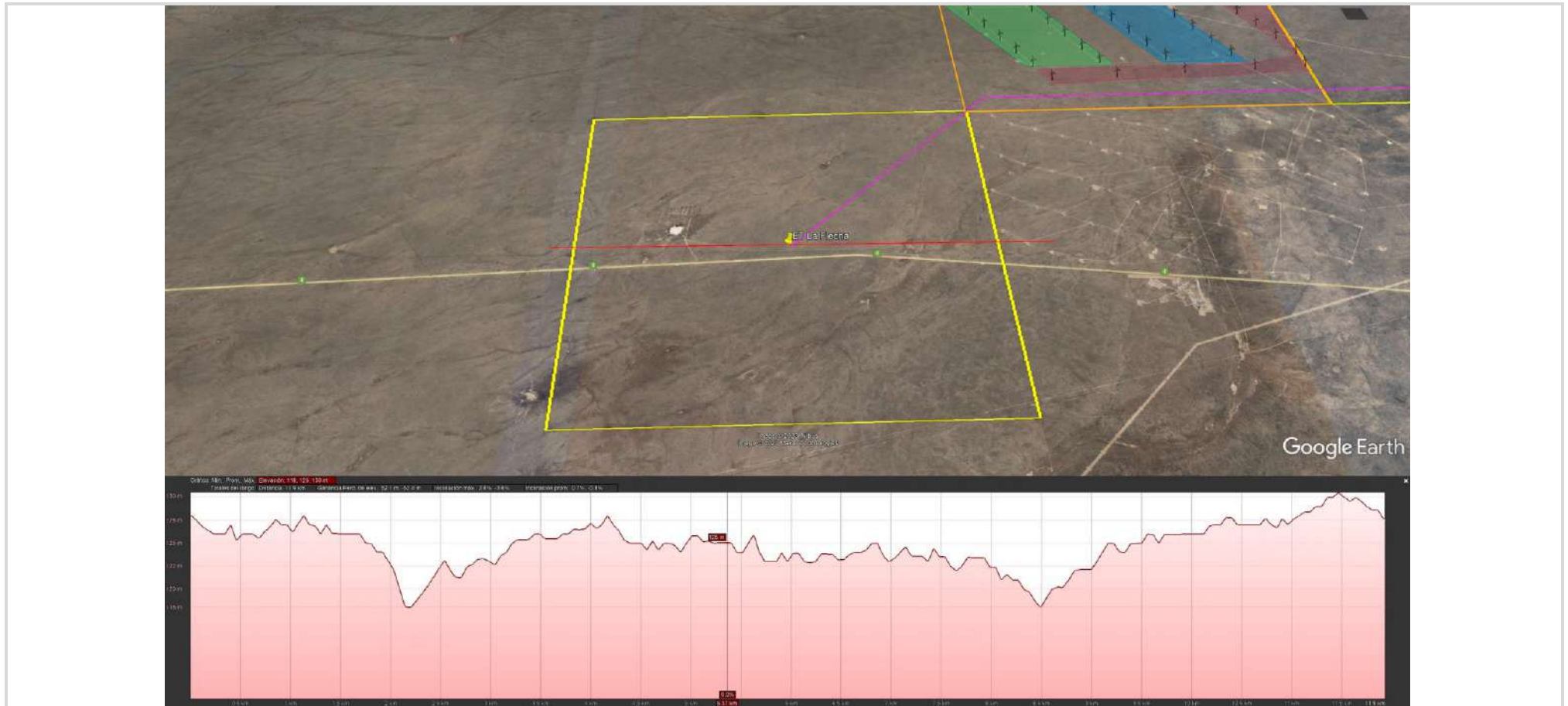
La *planicie media* (Pm) se presenta como remanentes dispuestos en niveles inferiores a la previa Pa. Debe su origen a la degradación de Pa. Altimétrica y temporalmente ocupa una situación intermedia entre Pa y Pb. El hábito del paleodrenaje es entrelazado. Su actual drenaje efímero, es activado durante circunstancias lluvias. Esta planicie media se encuentra fuertemente degradada y conforma una divisoria delgada que separa los golfos Nuevo y San José, la que se prolongaría más al este en el istmo de Ameghino.

La *planicie baja* (Pb) coincide composicional y geomórficamente con la planicie aluvial del extenso y bien conservado paleovalle Don Morgan-Saraza, al oeste del área del proyecto. Culmina al noreste, sobre la costa abrupta del golfo San Matías. El drenaje de la planicie es de hábito entrelazado; el tamaño de sus canales es menor que en Pa y Pm y su densidad es mayor.

Los depósitos que coronan las distintas planicies están integrados por ortoconglomerados de gravas con matriz arenosa, groseramente estratificados con estructuras del tipo masiva y entrecruzada pobremente definidas. Los diámetros de los clastos oscilan normalmente entre los 10 y 4 centímetros, generalmente redondeados y correspondientes a las vulcanitas ácidas aflorantes al poniente de las planicies. Generalmente se hallan cementados por un cemento calcáreo blanquecino y suelen aparecer cubiertos por una pátina del mismo. El grado de cementación se reduce progresivamente hacia los niveles inferiores.







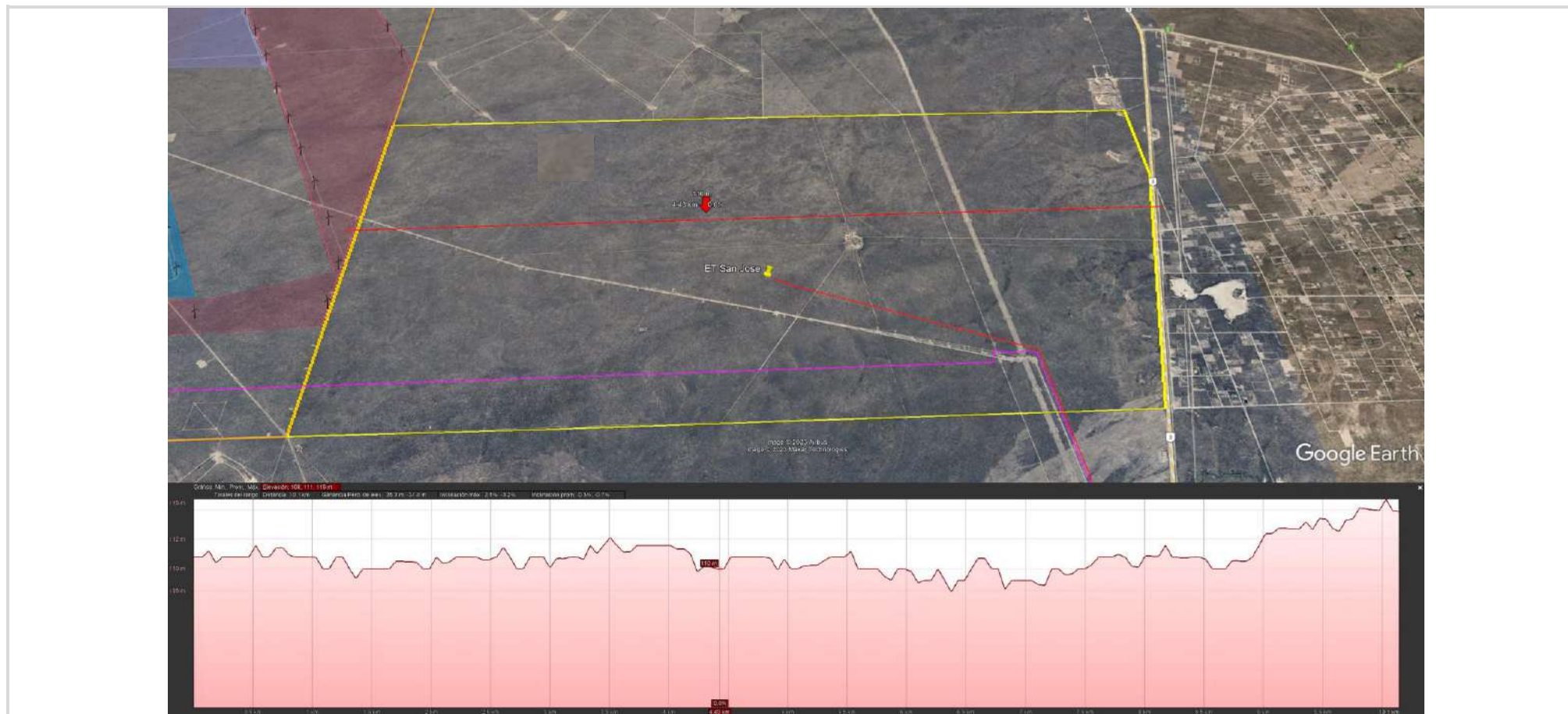


Figura 41. Perfil de elevación San Jose
Fuente: elaboración propia / Google earth

5.1.3 Edafología

5.1.3.1 Introducción

Los suelos de la Patagonia Extraandina presentan características determinadas por el régimen de humedad, la textura, la profundidad y la posición topográfica. El régimen de humedad, hace referencia al estado de humedad de una determinada porción del perfil del suelo a través del año y depende de la cantidad y la distribución de las precipitaciones.

En la región de Puerto Madryn el régimen que caracteriza a los suelos es el árido, es decir, la Evapotranspiración Potencial (ETP) supera en todos los meses a las precipitaciones y el déficit de agua es muy marcado. Las texturas dominantes de los suelos son las texturas arenosas, con poco material fino (limo y arcillas), con abundantes fragmentos gruesos.

Otra característica de los suelos en las inmediaciones del área del proyecto, es que están poco desarrollados (suelos poco profundos), tienen muy baja fertilidad y son de colores claros debido a que poseen muy bajo contenido de materia orgánica (del Valle et al., 2008).

Por otra parte, los suelos guardan una estrecha relación con la geoforma donde se desarrollan, encontrando asociaciones geomórficas-edáficas características. Como lo comentado en la sección de Geomorfología, el área donde se desarrollará el proyecto está comprendida dentro del sistema geomorfológico aterrazado, con geoformas planas a suavemente onduladas donde se diferencian distintos niveles, los más elevados se registran por sobre la cota de 130 msnm. Los depósitos superficiales que los cubren son un potente manto de rodados, característico de los suelos de la región.

5.1.3.2 Tipo de suelos presentes en el área del proyecto

5.1.3.2.1 Clasificación y distribución de los suelos

Los suelos de las inmediaciones de Puerto Madryn se han clasificado según Soil Survey Staff (1992) como pertenecientes al Orden Aridisoles y Entisoles.

Los Aridisoles son suelos presentes en zonas muy secas y áridas, con muy bajas precipitaciones y alta evapotranspiración. Por esta condición, los Aridisoles presentan altos contenidos de sales de calcio y magnesio, como también carbonatos y bicarbonatos de sodio. Los Entisoles son suelos que tienen un régimen de humedad árido pero no presentan horizontes pedogenéticos.

El tipo de suelo está estrechamente relacionado con la posición topográfica que ocupa.

A grandes rasgos se podría decir que, sobre el nivel de meseta, los suelos son un complejo de Haplocalcid xérico, Petrocalcides xéricos, Natrargid xérico y Natrigypsid xérico (Bouza et al. 2007). En los niveles aterrazados (pedimentos) que constituyen las bajadas costeras existe un complejo de suelos conformado por Haplocalcit xérico, Torriortens típicos y Natrargid xérico.

El material originario es un factor que afecta de gran manera el desarrollo de los suelos. Debido a las escasas precipitaciones, es poco el lavado de sales que ocurre, lo que hace que los suelos hereden las características de los materiales que los originan. En la zona de influencia del proyecto los suelos son ligeramente salinos en superficie a salinos en profundidad.

5.1.3.2.2 Composición del suelo

Los **Haplocalcid** son suelos profundos desarrollados a partir de dos materiales originarios distintos y con la siguiente secuencia de horizontes: A1-Bk-2C1-2C2k. Se trata de suelos sin ningún desarrollo y con una leve alcalinidad y salinidad.



Fotografía 15. Haplocalcid típico.

El horizonte A1 de 0 a 40 cm es de textura arenosa, sin estructura definida. Se presenta consolidado por lo que es moderadamente estable a la erosión. Está desprovisto de materia orgánica y tiene grava fina y media.

A partir del horizonte A1, se encuentra un horizonte cálcico dentro del metro de profundidad (Bk) con signos de erosión (evidenciado por un límite abrupto y suave), sobre el cual se habrían depositado materiales aluvio-coluviales modernos que luego evolucionaron a la secuencia de horizontes A-C de textura arena franca y estructura moderada.

Dentro de un material originario más antiguo se reconocen dos C (horizontes cálcico o petrocálcico a partir de los 40-60 cm), los cuales se diferencian entre sí por la presencia de carbonato de calcio a profundidad y por su estructura. Estos suelos se encuentran libres de sales solubles y los carbonatos aparecen a partir de los 60 cm. Debajo de este horizonte calcáreo, irregular, se encuentran los rodados patagónicos.

Los **Natrargids** están caracterizados por un horizonte argílico y el complejo absorbente dominado el ión Na.



Fotografía 16. Natrargid típico.
Foto: Bouza et al, 2017.

Presentan los siguientes horizontes: A2, B21t, B22t, B3x. El horizonte A, es de textura franca, su estructura es de tendencia laminar y está moderadamente provisto de materia orgánica. El B2 argílico tiene un espesor variable entre los 15 y 30 cm, de textura arcillosa y se encuentra estructurado en bloques subangulares, finos; el B3 se encuentra muy cementado con carbonato de calcio, incluye en su masa abundantes rodados.

La pérdida de estructura por hinchamiento de las arcillas sódicas afecta la permeabilidad de estos suelos. La capacidad de retención de agua es limitada tanto por la salinidad que presentan a distintas profundidades como por la pendiente que favorece el escurrimiento superficial de las aguas.



Fotografía 17. Torriorthens típico.

Los **Torriorthens** son suelos poco desarrollados.

La forma del perfil es simple, donde se observan los sedimentos parcialmente edafizados (horizontes A1- A2, A-C o A-C1-C2-C3) y sin un horizonte diagnóstico.

Estos suelos se localizan en áreas planas y en pendientes suaves, sobre ellos se desarrolla una vegetación cuya fisonomía es una estepa arbustiva xerófila.

5.1.3.3 Aptitud de uso del suelo.

Con respecto a la capacidad productiva de los suelos del área del proyecto, los Índices de Productividad son relativamente bajos, IP= 18-24 (Salazar Lea Plaza et al., 1990), correspondiendo a tierras con baja receptividad ganadera.

Actualmente el predio no tiene uso ganadero, pero históricamente se realizó principalmente la cría de ovejas. Se propone, en el futuro, un cambio del uso del suelo al pasar de ganadero a uso generación de electricidad.

5.1.3.4 Rasgos de erosión.

En el área de influencia del proyecto podría considerarse que los principales rasgos de erosión están asociados a la erosión hídrica, la cual puede considerarse moderada a grave.



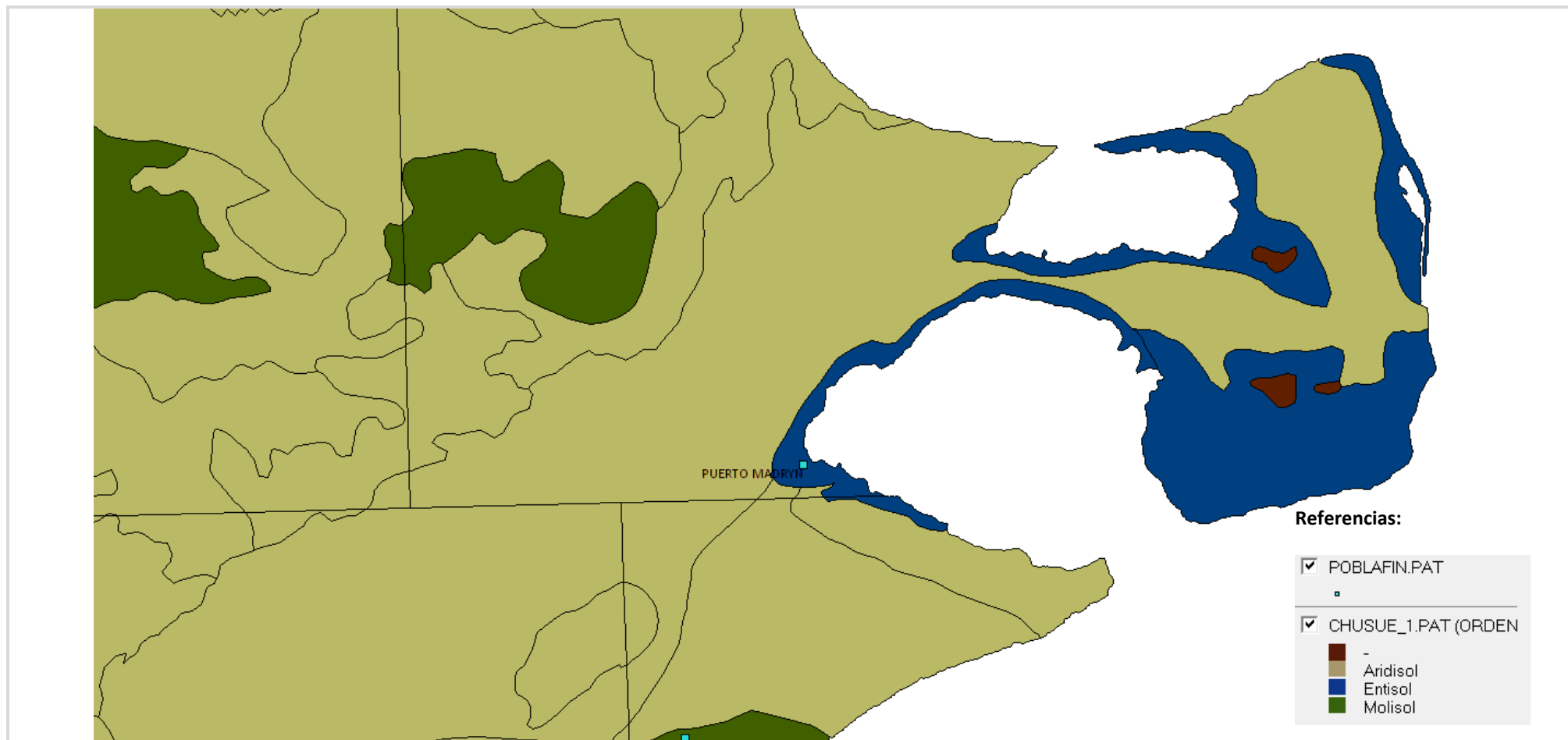
Fotografía 18. Surcos de erosión al borde del camino

La mayoría de los signos de erosión son surcos y áreas de escurrimiento laminar presencia de montículos asociados a arbustos, rodeados de áreas entre montículos con presencia de pavimentos de erosión, áreas de escurrimiento laminar con costras superficiales, surcos y cárcavas que se han profundizado con los eventos de lluvia extraordinarios y están asociados a actividades antrópicas tales como la apertura de huellas.

La formación de pavimentos de erosión es el resultado de la remoción selectiva de las partículas menores al tamaño de las gravas. En cuanto a la erosión eólica, si bien no es tan grave como la erosión hídrica, resulta importante cuando la vegetación es arrasada por los incendios, dejando el suelo sin protección y a merced del efecto erosivo del viento. Otros factores que aumentan la erosión eólica son el desmonte de suelo que incrementa la remoción y el polvo en suspensión.



Fotografía 19. Pavimento de erosión. desmonte generando polvo en suspensión.



5.1.4 Sismicidad

La zona no es susceptible de actividad sísmica, deslizamientos, derrumbes ni actividad volcánica.

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica de la República Argentina (INPRES) ha elaborado el mapa de zonificación sísmica del país (Reglamento INPRES – CIRSOC 103), encontrándose el área de emplazamiento del proyecto dentro de la zona 0 que se corresponde con una peligrosidad sísmica “Muy Reducida”.

En el Mapa de Zonificación Sísmica del Reglamento INPRES-CIRSOC 103, se encuentran identificadas 5 zonas.

El valor que permite comparar la actividad sísmica en cada una de ellas es la máxima aceleración del terreno "as" para el sismo de diseño definido. Esta aceleración se expresa en unidades de "g", siendo "g", la aceleración de la gravedad

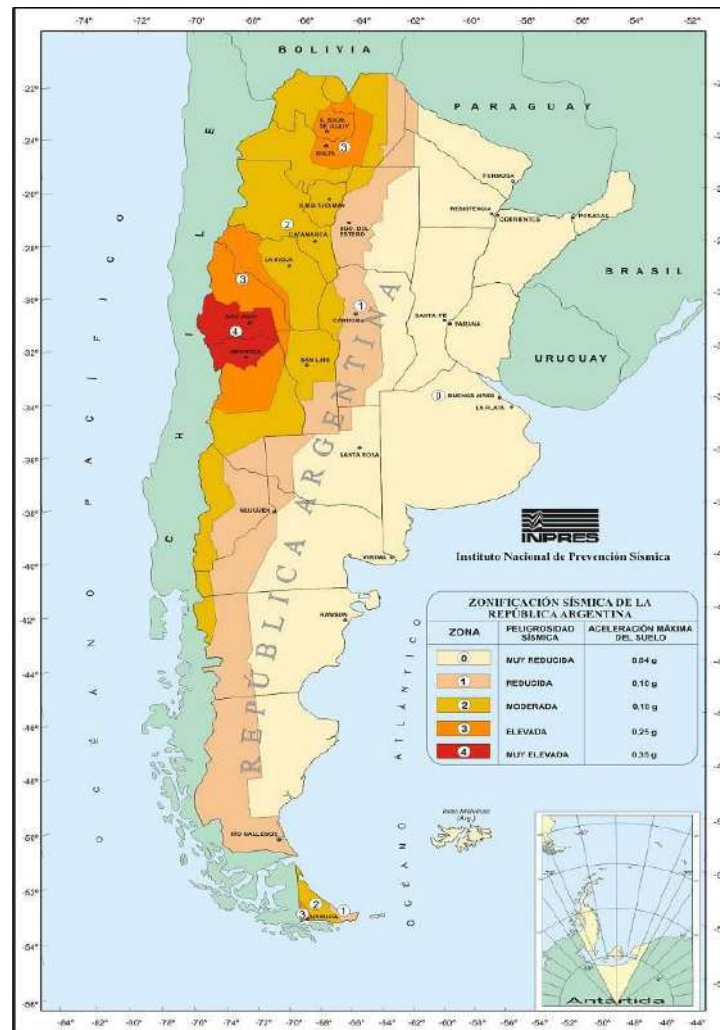


Figura 43. Zonificación sísmica de la República Argentina.

Fuente: INPRES

5.1.5 Hidrología superficial

La zona se caracteriza por presentar una red de drenaje poco desarrollada. No se encuentran cauces en las cercanías del proyecto, ni cañadones ni cárcavas. Los escurrimientos son mantiformes dando lugar a encharcamientos transitorios en las áreas más deprimidas.

En la región se encuentran diseminados numerosos bajos, los que solo contienen agua en épocas de lluvia para luego evaporarse en el período de sequía, dejando precipitados salinos.

En el Anexo 5 se presenta el estudio de Hidrogeológico.

5.1.6 Hidrología subterránea

En la región el agua subterránea se halla a una profundidad promedio de 80 a 90 m saturando areniscas finas y limos de la Formación Puerto Madryn.

De acuerdo a la información de pozos existentes al Este de los predios que se estudian se reconoce un espesor hasta 140 y 150 m de los cuales hay al menos 70 m saturados, no hallándose el piso o hidroapoyo pues los mismos no fueron totalmente penetrantes, pero se prevé que el piso impermeable se sitúe en el nivel arcillítico señalado en la Formación Gaiman.

En el Anexo 5 se presenta el estudio de Hidrogeológico.

5.2 Medio biológico

5.2.1 Ecosistemas

Según Burkart y otros (1999) el área se encuentra en la ecorregión del Monte. Esta ecorregión es una faja latitudinal al este de la cordillera de los Andes que comienza en Salta y Jujuy y se ensancha hasta el Océano Atlántico en las provincias de Río Negro y Chubut, recorriendo más de 2.000 km.

Las condiciones de aridez y la composición florística y faunística son bastante homogéneas en toda la ecorregión. El tipo de vegetación predominante es la estepa arbustiva alta, caracterizada mayormente por la comunidad del jarillal, con presencia de cactáceas columnares o cardones y bosques de algarrobos en algunas zonas. La cobertura herbácea es muy variable y depende fuertemente de las precipitaciones y del impacto de la ganadería. Dentro de esta gran extensión se han descrito dos regiones diferenciadas básicamente por sus características geomorfológicas:

- **Monte de Sierras y Bolsones**, que abarca la zona norte hasta el sur de San Juan.
- **Monte de Llanuras y Mesetas**, que comprende desde el sur de San Juan hasta Chubut.

Tal como muestra la siguiente figura, el área de estudio se encuentra en la región del Monte de Llanuras y Mesetas, caracterizado por paisajes de llanura y extensas mesetas escalonadas que se distribuyen discontinuamente y se asocian a algunos cerros, depresiones, llanuras aluviales y terrazas de ríos, hasta las orillas del mar.

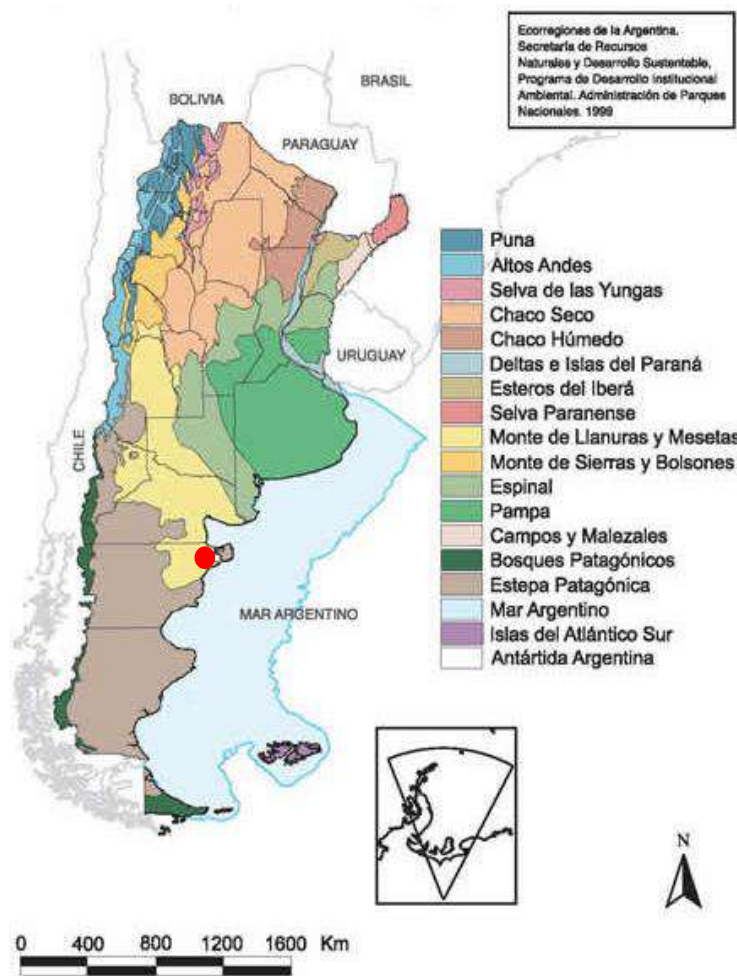


Figura 44. Mapa de ecorregiones de la república Argentina.
 Fuente: Burkart y otros, 1999.

5.2.2 Vegetación

Durante un año calendario (2022 y 2023) se realizó el relevamiento de flora de los predios La Flecha y San José a fin de elaborar el Estudio de Línea de Base. La metodología utilizada fue la recomendada por la autoridad de aplicación y por organizaciones nacionales e internacionales con altos estándares de medición y tipos de reportes en la evaluación de parque eólicos. Asimismo, se ha establecido una metodología y sistema de reporte a fin de mantener parámetros comparables a los efectos de monitoreos estacionales. Para la elaboración de la Línea de Base de Vegetación, se realizaron relevamientos de campo en las cuatro estaciones del año, durante dos a cuatro días consecutivos: Invierno 1/3 de julio, Primavera 25/28 de septiembre y 1 de octubre, Verano 29/ 30 de enero y Otoño 17/18 de abril.

En el informe se realiza un comparativo de datos registrados en cuatro estaciones de muestreo: Invierno-2022, Primavera-2022, Verano-2022/2023, Otoño-2023. El trabajo expone los resultados y conclusiones del relevamiento a campo que compone el estudio de flora representada en la estación Invierno 2022 - 2023 para el área. En el Anexo 6 se presentan los informes de relevamiento de vegetación en forma completa.

5.2.2.1 *Objetivos*

Los objetivos del relevamiento son:

- Realizar una caracterización fisonómica florística del área de estudio (unidades ambientales),
- Cuantificar cada unidad ambiental por su composición florística y valores de cobertura y riqueza (parámetros biológicos y ecológicos)
- Clasificación de las especies según estados de conservación y endemismos.

5.2.2.2 *Aspectos metodológicos*

Durante el relevamiento se ejecutaron dos metodologías:

(a) Identificación de unidades ambientales y NDVI,

(b) Composición florística de las unidades relevadas.

5.2.2.2.1 *Identificación de unidades ambientales y cálculo de NDVI*

Para la delimitación de unidades ambientales (pastizales, mallines, y peladales) se utilizó el análisis de índice NDVI utilizando el mismo set de imágenes SENTINEL II. El NDVI, Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado (por sus siglas en inglés) es una herramienta que ha sido utilizada con resultados confiables para la determinación de grados de humedad y con una aceptable precisión para el monitoreo de humedales y desde la entrada en funcionamiento de Sentinel II la mayor resolución de las imágenes permite una mejor delimitación espacial. El NDVI se calculó con la siguiente ecuación utilizando calculadora de ráster de QGIS.

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

$$NDVI (Sentinel 2) = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

El NDVI puede tomar valores entre -1 y 1. El agua tiene una reflectancia en el rojo mayor que la reflectancia en el infrarrojo por lo que valores negativos del índice de vegetación se pueden encontrar en los cuerpos de agua. El suelo descubierto y la vegetación rala presentan valores positivos pero bajos mientras que la vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta valores altos de NDVI.

El área donde se encuentran localizados los humedales ofrece un contraste notorio entre éstas y paisaje circundante ya que estos son zonas con cobertura vegetal mayor al 50 % y se encuentran inmersos en una matriz de ambientes extremadamente secos donde la vegetación es escasa.

Las imágenes o capas ráster resultantes de los análisis se exportaron con formato GeoTIFF con sistema de referencia WGS84 UTM zone19s y se pueden encontrar en el repositorio digital en el directorio *Rasters/San_Jose/Dry Season (or Wet Season)/NDVI/name_10m_NDVI.tiff*. Las últimas siglas representan la resolución de la imagen y el índice utilizado.

Una vez seleccionadas las imágenes se realizaron análisis con diferentes combinaciones de bandas para localizar unidades ambientales, patrones de uso y el índice normalizado diferencial de vegetación, NDVI. La identificación de unidades ambientales se realizó a escala de área total del predio San José (comprende el terreno integral a ambos lados de la RP4), mientras que el NDVI se realizó a escala macro.

El NDVI se basa en el comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta.

Los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético (Rouse et al., 1974). La respuesta espectral que tiene la vegetación sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja, y el Infrarrojo Cercano (NIR). Mientras que en el visible los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, en el NIR, las paredes de las células de las hojas, que se encuentran llenas de agua, reflejan la mayor cantidad de energía. En contraste, cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, ya sea por el sobrepastoreo o por sequía, la cantidad de agua disminuye en las paredes celulares por lo que la reflectividad disminuye el NIR y aumenta paralelamente en el rojo al tener menor absorción clorofílica. Esta diferencia en la respuesta espectral permite separar con relativa facilidad la vegetación sana de otras cubiertas. Debido a que el sitio de estudio ha estado sometido a presión de pastoreo ovino y de incendios, se incluye en este trabajo la imagen resultante del análisis como así también el Raster de las imágenes originales y del NDVI para futuros estudios de monitoreo donde se podrá evaluar la evolución de biomasa y sanidad vegetal. El NDVI fue calculado en ArcGis 10.2 utilizando el módulo Image Analysis creando un dataset de banda única.

Para la determinación de unidades ambientales se realizaron análisis combinando las bandas 4 3 2 Color natural, 5 4 3 color infrarrojo (vegetación), 5 6 2 vegetación saludable, 6 5 4 análisis de vegetación, y 7 4 3 análisis de vegetación e incendios. La imagen que mostró la mejor diferenciación de unidades fue la 7 4 3 (la Banda 7 es del sensor SWIR2 con un ancho en μm de 2.11 – 2.29 y 30 metros de resolución), la 4 es la banda roja Band 4 con un ancho de 0.64 – 0.67 y 30 m, y la 3 es la banda verde con un ancho de 0.53 – 0.59 y 30 m de resolución. Una vez seleccionadas las unidades ambientales se combinó el análisis con imágenes Google de alta definición para la determinación de polígonos para calcular la ubicación y superficie de cada unidad ambiental.

5.2.2.2.2 *Censos de vegetación en las unidades relevadas*

Durante los relevamientos estacionales se realizó el muestreo para determinar la composición florística de las unidades ambientales. Para cada una de las unidades ambientales se eligieron puntos de muestreo en sitios uniformes y representativos. Se realizaron los censos en donde se relevaron todas las especies presentes en la transecta de muestreo, dominantes y acompañantes principales. A partir de esto se construyó una tabla con las especies de flora principales discriminadas por estratos para cada unidad ambiental. Las especies fueron reconocidas en campo en el caso que fue posible y se utilizó como criterio de clasificación sistemática a Zuloaga y Morrone (1996), Zuloaga y Morrone (1998), Zuloaga y Morrone (2009), www.darwinion.edu.ar. Una vez identificadas las especies en el terreno se analizó los niveles de protección o endemismo. De no ser posible el reconocimiento de la especie vegetal, se toma una muestra de la misma y la identificación se realiza en gabinete, ingresando el registro como NN y luego se corrige con el nombre de la especie.

Para la cuantificación de las comunidades vegetales que conforman las unidades ambientales se realizaron censos de vegetación aplicando el método de puntos en línea “Point-quadrat modificado” (Levy y Madden, 1933), Montpellier por P. Daget y J. Poissonet (1969, 1971, 1973). El objetivo de este método es determinar, con cierto grado de apreciación aceptable, la cobertura y estructura de una comunidad en su conjunto y a nivel de cada uno de sus componentes (Passera, et. al, 1990). El método se aplica en comunidades vegetales homogéneas, ya identificadas de acuerdo con lo desarrollado en el punto 3.1, y comprende 1) Reconocimiento de las especies presentes, 2) Ubicación de la transecta, 3) Toma de información por punto.

Se definió el largo de la transecta en 50 mts y los puntos de muestreo cada 25 cm, obteniendo 200 muestras por censo. Se dispuso de una cinta métrica, dos estacas una soga de 50 mts y una aguja (varilla de aproximadamente 1 mt de longitud). La cinta se tensa paralela al suelo con dos estacas y la aguja se desciende verticalmente a la superficie del suelo, en forma sistemática y a la distancia elegida (25 cm). La longitud de la transecta debe ser tal que a lo largo de la misma se contacte por lo menos con el 80 % de la totalidad de las especies presentes en la comunidad, para lo cual es necesario realizar transectas de diferente longitud, comparando el número de especies presentes en cada una y realizando pruebas que permitan elegir aquella transecta en la cual el incremento de longitud no se vea seguido de un incremento significativo en el número de especies.

En cada unidad seleccionada se definió el punto de inicio de la transecta y se marcó con cinta fly, para poder repetir el muestreo exactamente en el mismo sitio en las cuatro estaciones. Luego de realizado el relevamiento se tomó la ubicación del punto final. Se registran los toques de todas las especies presentes para el cálculo de cobertura y para el cálculo de diversidad se contemplará si los toques pertenecían a individuos diferentes. Los puntos que no corresponden a vegetación se clasificaron como suelo desnudo y mantillo (considerándose a este último como restos de materia orgánica o biomasa muerta en pie).

Con los datos obtenidos se calculó la cobertura vegetal total de cada unidad de vegetación promediando los censos y el porcentaje de cobertura para los estratos herbáceo, subarborescente y arbustivo y para cada especie. Se calculó el índice de diversidad de Shannon para cada una de las unidades de vegetación, de la siguiente forma:

$$H = -\sum P_i (\ln P_i)$$

Donde:

$P_i = N_i/N$, representa la proporción de la especie en la comunidad N_i = número de individuos de una especie

N = número total de individuos

Se determinó también la riqueza (S) de especies como el número total de especies registradas en todos los censos correspondientes a una unidad de vegetación y se calcula la Equitatividad de Pielou (E). La equitatividad (E) es un índice que muestra la uniformidad de distribución de los individuos en las especies identificadas, muestra la probabilidad de encontrar a cada especie. El rango de variación de este índice es entre 0 y 1 (siendo 1 el valor que indica que todas las especies son igualmente abundantes).

5.2.2.3 Conclusiones y consideraciones finales.

Durante un año calendario se realizó el relevamiento de flora ambos predios (La Flecha y San José) arribándose a las siguientes conclusiones:

- Se identificó una gran unidad florística denominada meseta arbustiva (Movia, C.P et al. 1987), que pudo ser subdividido en tres unidades ambientales de acuerdo con el cálculo del NDVI:
 - estepa arbustiva gramínea,
 - estepa gramínea arbustiva
 - peladales.
- El elenco florístico es bastante uniforme y se encuentran las mismas especies en las tres unidades, aunque en diferentes proporciones.
- En todos los casos se trata de unidades fuertemente antropizadas, con histórica presión de pastoreo y pisoteo ovino, evidenciada por la presencia de zonas de montículos e intermontículos con signos de degradación, reemplazo de especies palatables, baja cobertura de gramíneas, entre otras. El casco de la estancia presenta la fisonomía definida como “efecto piósfera” que muestra un gradiente de desertificación desde ésta hacia las periferias, mostrando, alrededor de las casas mayor presencia de suelos desnudos, especies invasoras indicadoras de degradación de suelo (*Erodium cicutarium*, *Marrubium vulgare*) y jarillales.
- Las estepas arbustivas gramíneas de La Flecha están dominadas por *Chuquiraga avellanadae* y *Bougainvillea spinosa* acompañadas por gramíneas que en algunos casos es *Nassella tenuis* o *Pappostipa speciosa*.
- Las estepas arbustivas gramíneas de San José están dominadas por *Chuquiraga avellanadae* y *Pappostipa speciosa*. Dentro de los arbustos dominantes presentes se registraron a *Condalia microphylla* y *Bougainvillea spinosa* acompañadas por gramíneas que en algunos casos es *Nassella tenuis* o *Poa ligularis*.
- Las Estepas gramíneas arbustivas se destacan por la dominancia de una gramínea-herbacea, con un arbusto. En el caso de La Flecha, la gramínea dominante fue *Nassella tenuis*, aunque en uno de los monitores, la dominante fue *Pappostipa speciosa*. Como arbustos dominantes se presentaron *Chuquiraga avellanadae*, *Larrea divaricata* y *Lycium chilense*. En el caso de San José, la gramínea dominante fue *Nassella tenuis*, en todos los ambientes relevados. Como arbustos dominantes se presentaron *Chuquiraga avellanadae*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, *Prosopidastrum globosum* y *Schinus molle*. *Pappostipa speciosa* es la gramínea dominante que acompaña en algunos de los ambientes.
- Los Peladales son sectores a donde se evidencia alta actividad antrópica, como cascos, tajamares, canteras, bajos, etc; donde la vegetación presente denota alta degradación del suelo. En La Flecha se registraron dominancias de *Larrea sp.*, *Distichlis scoparia*, *Erodium cicutarium* y *Marrubium vulgare* (estas últimas dos son invasoras).
- En San José se registraron dominancias de *Larrea sp.*, *Nassella tenuis*, *Erodium cicutarium* y *Marrubium vulgare* (estas últimas dos son invasoras). Se destaca la presencia de *Distichlis scoparia*, como indicadora de degradación de suelo.