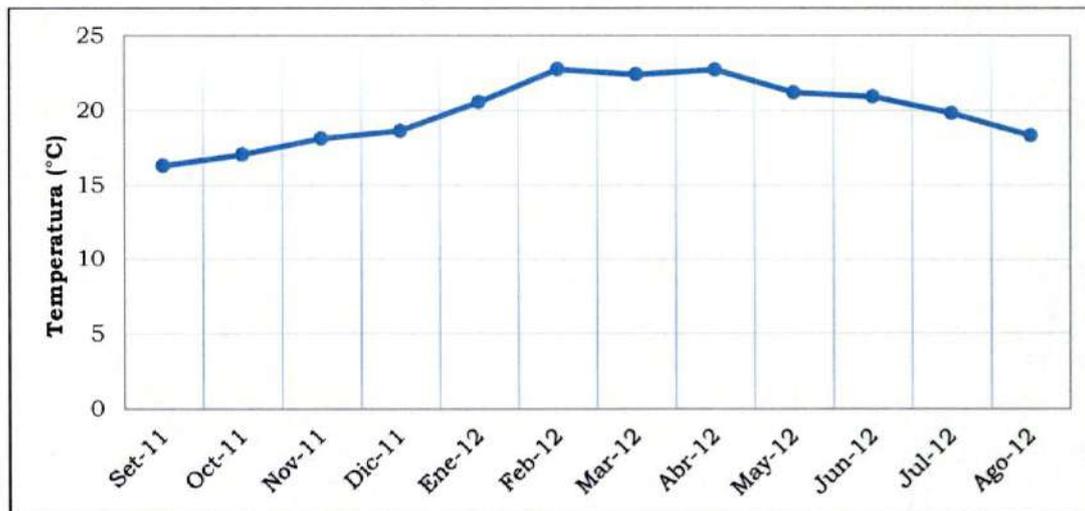


Gráfico 4.1.13

Régimen mensual de la temperatura media (°C) de la estación de la C.E. Mórrope para el año 2011-2012



Fuente: Estación temporal de la C.E. Mórrope, EGEPIISA; 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Respecto a la temperatura máxima media mensual, en el Cuadro 4.1.30 se muestran los datos registrados en la estación Lambayeque del SENAMHI para el periodo 2010 -2020. Se aprecia que los valores de temperatura máxima media mensual oscilan entre los 29,4°C, en el mes de febrero y los 22,9°C, para el mes de agosto, teniendo una variación de 6,5°C; asimismo, se registra un promedio de temperatura máxima media de 25,8°C.

Cuadro 4.1.30

Temperatura máxima media mensual (°C) de la estación Lambayeque para el periodo 2010 - 2020

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
28,7	29,4	29,1	27,2	26,1	24,7	23,4	22,9	23,3	23,7	24,7	26,8	25,8

Fuente: Senamhi, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Por otro lado, en el Cuadro 4.1.31 se aprecia que los valores de temperatura mínima media mensual oscilan entre 15,5°C, en el mes de agosto y 21,5°C, en el mes de febrero, teniendo una variación de 6,0°C, mientras que el promedio de temperatura mínima media es de 18,2°C.

Cuadro 4.1.31

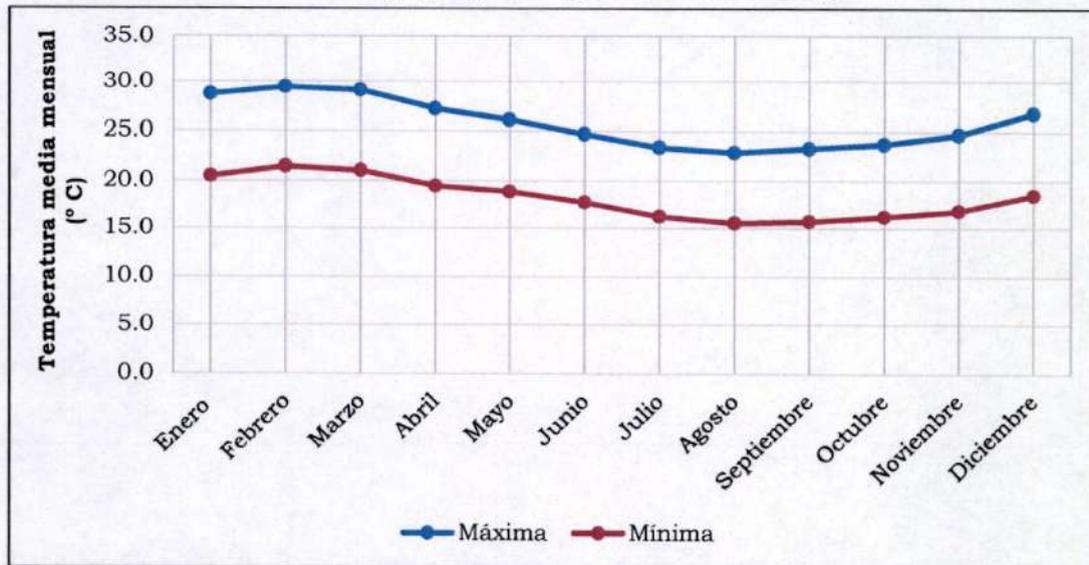
Temperatura mínima media mensual (°C) de la estación Lambayeque para el periodo 2010 - 2020

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
20,5	21,5	21,1	19,5	18,9	17,7	16,2	15,5	15,7	16,2	16,8	18,4	18,2

Fuente: Senamhi, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

El **Gráfico 4.1.14** muestra el comportamiento mensual de las temperaturas máximas y mínimas mensuales, durante los años 2010 a 2020.

Gráfico 4.1.14
Régimen mensual de la temperatura máxima y mínima (°C) media de la estación Lambayeque para el periodo 2010 - 2020



Fuente: Senamhi, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

4.1.10.4 Presión atmosférica

La presión atmosférica se define como el peso de una columna de aire desde la superficie hasta el tope de la atmósfera y no varía sustancialmente en las regiones ecuatoriales y próximas a ella. En el **Cuadro 4.1.32** se aprecia que los valores de presión media mensual, de la estación de la CE Mórrope, oscilan entre 1006 mbar, en el mes de marzo (2012) y 1008,8 mbar, en el mes de septiembre (2011), teniendo una variación de 2,8 mbar. El valor promedio de presión media mensual es de 1007,7 mbar. El **Gráfico 4.1.15** muestra el comportamiento de los valores de la presión media registrados durante el año 2011-2012.

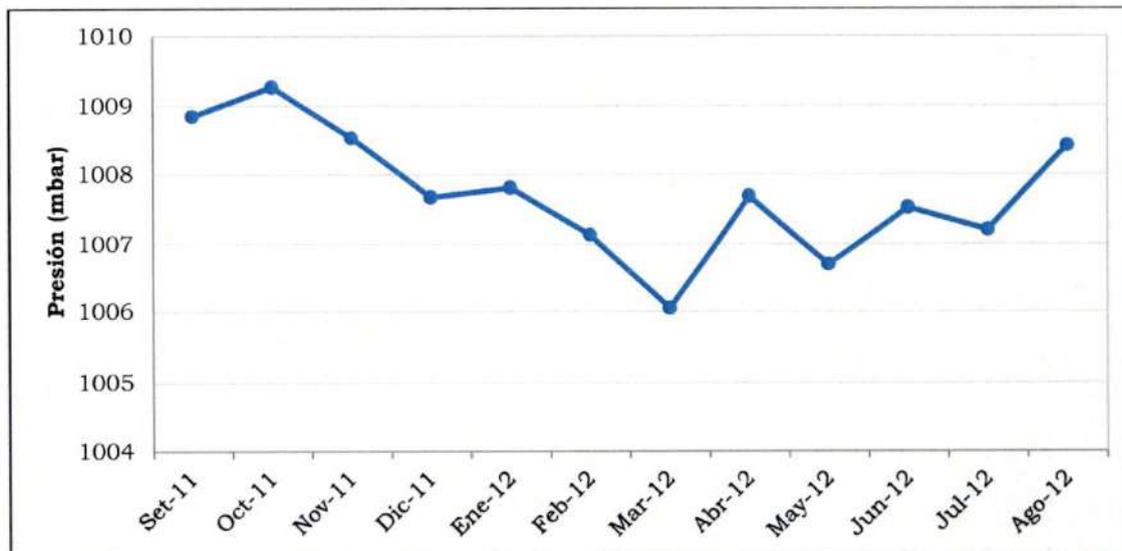
Cuadro 4.1.32
Presión media mensual (mbar) de la estación de la CE Mórrope para el año 2011 - 2012

Sep-11	Oct-11	Nov-11	Dic-11	Ene-12	Feb-12	Mar-12	Abr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Prom.
1008,8	1009,3	1008,5	1007,7	1007,8	1007,1	1006,0	1007,7	1006,7	1007,5	1007,2	1008,4	1007,7

Fuente: Estación de la CE Mórrope, EGEPISAC, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Gráfico 4.1.15

Régimen mensual de la presión (mbar) de la estación C.E. Mórrope para el año 2011 - 2012



Fuente: Estación de la C.E. Mórrope, EGEPIA, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

4.1.10.5 Velocidad y dirección del viento

El viento es el movimiento de aire en la superficie terrestre. Es generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire. En el Cuadro 4.1.33 y en el Gráfico 4.1.16 Rosa de vientos de la estación de la CE Mórrope se presentan los registros de velocidad y rosa de vientos, respectivamente, para la torre de medición de la CE Mórrope.

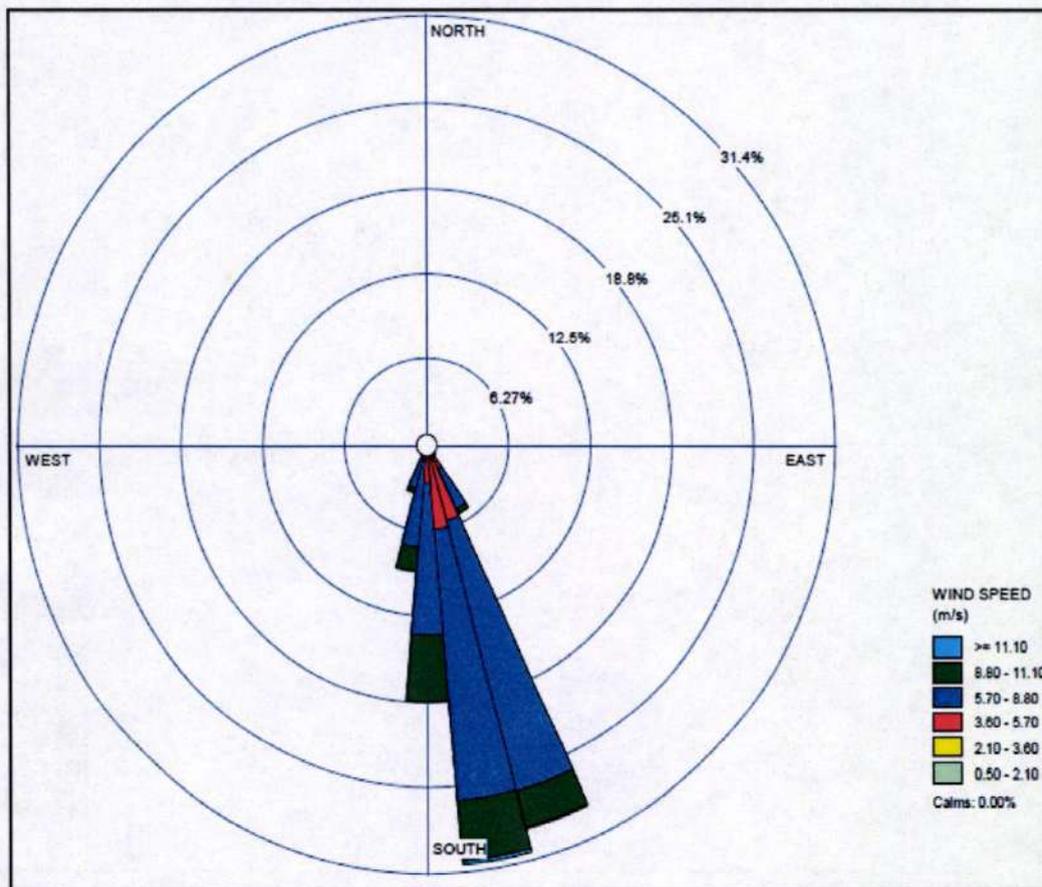
Cuadro 4.1.33

Velocidad media mensual del viento (m/s) de la estación de la CE Mórrope para el año 2011-2012

Sep-11	Oct-11	Nov-11	Dic-11	Ene-12	Feb-12	Mar-12	Abr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Prom.
7,8	7,4	7,0	7,4	7,1	6,0	6,7	6,9	7,5	6,6	6,1	7,2	7,0

Fuente: Estación temporal de la C.E. Mórrope, EGEPIA, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Gráfico 4.1.16
Rosa de vientos de la estación de la CE Mórrope



Fuente: EGEPIISA, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

El anterior gráfico muestra que el rango de velocidades que abarca el mayor porcentaje es el comprendido entre 5,7 – 8,8 m/s, con un 64,5%, seguido de 3,6 – 5,7 m/s, con un 16,1%. Asimismo, se aprecia que las direcciones predominantes del viento provienen del sur-sureste.

Finalmente, de manera referencial, se presentan el **Cuadro 4.1.34** y el **Gráfico 4.1.17**, en donde se indican los registros de velocidad y rosa de vientos, respectivamente, para la estación Lambayeque. En el **Anexo 4.1.8** se presentan los registros de velocidad y dirección del viento para dicha estación.

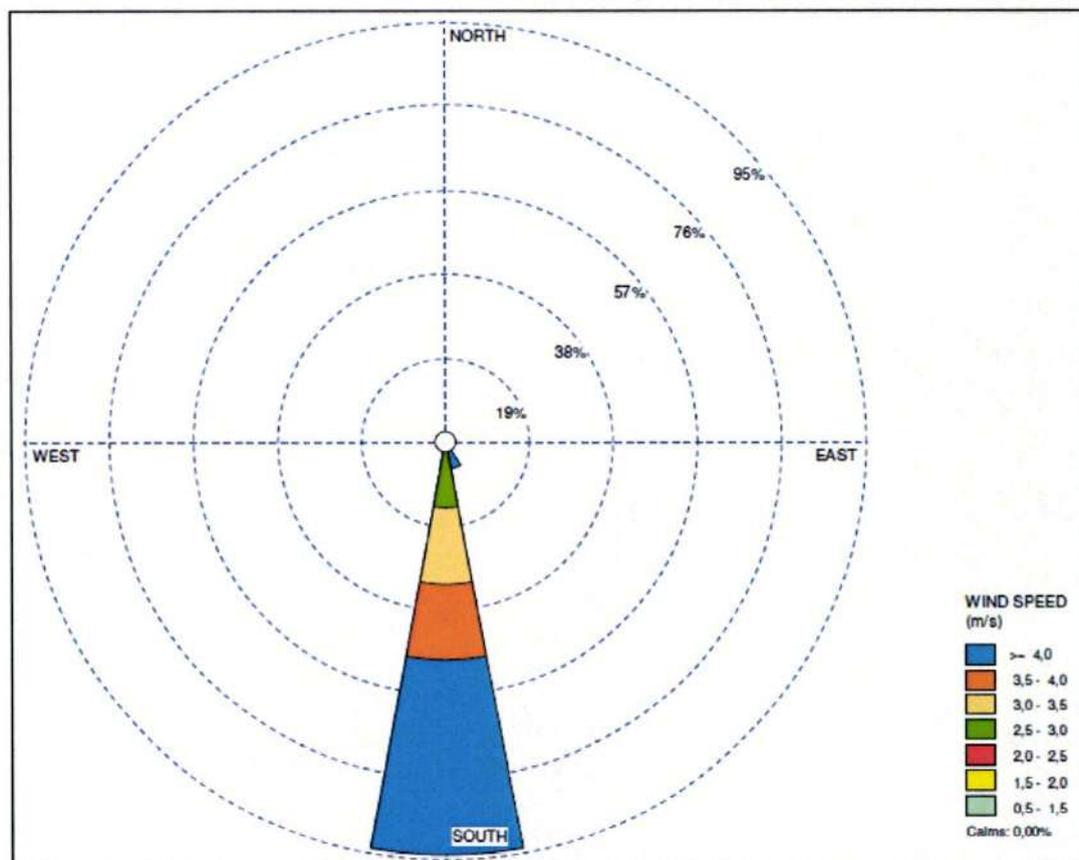
Cuadro 4.1.34
Velocidad del viento media mensual (m/s) de la estación Lambayeque para el periodo 2012 – 2014 y 2017

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
3,7	3,4	3,2	4,1	3,9	3,6	3,3	4,1	4,4	4,5	4,3	4,6	3,9

Fuente: Senamhi, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Gráfico 4.1.17

Rosa de vientos de la estación Lambayeque para el periodo 2002-2014 y 2017



Fuente: Senamhi, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

El **Gráfico 4.1.17** muestra que el mayor valor de velocidad de viento durante el periodo 2012-2014 y 2017 es de 5,4 m/s. Asimismo, el rango de velocidades que abarca el mayor porcentaje es el que comprende los mayores a 4,0 m/s, con un 51,1%, seguido del 3,5 – 4,0 m/s y 3,0 a 3,5 m/s, ambos con un 17%. Finalmente, se aprecia que las direcciones predominantes del viento provienen del sur.

Clasificación climática

La clasificación climática busca definir el contexto general en el cual se desarrolla una actividad específica, en este caso particular, el proyecto en cuestión. La combinación de parámetros atmosféricos comunes y similares dentro de un rango establecido permite delimitar la extensión de una zona climática determinada.

De acuerdo a ello, de manera referencial, se han identificado los tipos climáticos existentes en el área de estudio, considerando el sistema de Thornthwaite (1948), el sistema de Köppen (1931) y el sistema de Holdrige (1967).

Sistema de Thornthwaite

La determinación de la clasificación climática, mediante el sistema de Thornthwaite, se realiza sobre la base de un balance hídrico del suelo, para lo cual se requieren, como datos meteorológicos de entrada, la precipitación total mensual promedio y la temperatura promedio mensual. De esta manera, se asume que dicho suelo funciona como un almacén de agua con capacidad de reserva de 100 mm. Cabe mencionar que el modelo utilizado solo considera los aportes de lluvia, el efecto de la evapotranspiración y el flujo subsuperficial, de modo que deja de lado el efecto de las aguas subterráneas y las pérdidas por percolación profunda.

La nomenclatura utilizada para caracterizar un clima está compuesta por letras y subíndices. Las dos primeras letras –mayúscula y minúscula– se refieren a la “Precipitación efectiva” y a la “Distribución de la precipitación en el año”. Las letras tercera y cuarta –mayúsculas– corresponden a la “Eficiencia de temperatura” y a la “Humedad atmosférica”, respectivamente.

De acuerdo al Mapa de Clasificación Climática, sugerido por el SENAMHI y elaborado sobre la base del método de Thornthwaite, se pudo determinar que el área de estudio del proyecto se emplaza sobre una zona climática característica:

- Zona de clima árido, semicálido, de escasa o nula precipitación en todas las estaciones del año y con una humedad relativa calificada como húmedo. Su codificación es E(d) B'1 H3.

En la **Figura 4.1.14** se aprecia la ubicación del proyecto respecto a esta clasificación climática.

Sistema de Köppen

Este sistema se basa en la temperatura y precipitación media mensual y anual, utilizando la vegetación nativa para denominar los tipos de clima. Köppen observó y reconoció los efectos de la efectividad de la precipitación e intensidad de la evaporación en la vegetación local; para ello, combinó las variables de temperatura y precipitación.

En ese sentido, el punto de partida principal consiste en que la vegetación natural constituye un indicador del clima y algunas de las categorías establecidas se apoyan en los límites climáticos de ciertas formas vegetales.

La clasificación abarca distintos niveles y subniveles que se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Primer nivel (criterios básicos): 6 tipos de clima, representados por letras mayúsculas (A, B, C, D, E y H).
- Segundo nivel (distribución estacional de las precipitaciones): 4 subtipos, representados por letras minúsculas (f, m, s y w).
- Tercer nivel (régimen térmico): se utiliza una tercera letra (a, b, c, d, h y k).

La clasificación de Köppen, para una zona en particular, será descrita mediante tres letras que corresponderán a determinadas características de la temperatura del aire, las precipitaciones y la marcha anual de ambas variables.

En relación al proyecto, se observa que las precipitaciones son insignificantes o, en algunos casos, muy escasas en la zona. Dado que los registros de precipitación y temperatura no cumplen con los parámetros establecidos para clima tropical húmedo, clima templado, clima subártico y clima de nieve o polar, la clasificación correspondiente es a Clima seco (B), la cual toma en consideración la temperatura media anual y el acumulado medio anual de precipitación.

Asimismo, tomando en cuenta la distribución mensual de las precipitaciones (**Gráfico 4.1.10**), se evidencia la escasa o nula precipitación durante el periodo anual. Según Inzunza (2005), dado que existe una distribución uniforme de precipitaciones durante el año y el acumulado anual de precipitaciones (2,56 cm) es menor a la temperatura media anual más un valor de 7 ($21,5+7=28,5$ °C), corresponderá al tipo BW. De igual forma, se identificó el régimen térmico “h” debido a que la temperatura media anual es superior a los 18°C (21,5°C).

De acuerdo con lo anterior y según el sistema de Köppen, se establece que la clasificación climática correspondiente al área de estudio es el Desierto cálido (árido) – BWh.

Sistema de Holdridge

La clasificación bajo este sistema se basa en un modelo matemático y de configuración tridimensional donde interactúan los factores climáticos de temperatura y humedad ambiental y las que definen las zonas de vida de un lugar.

Por un lado, la biotemperatura (BT) es definida como la temperatura del aire, aproximadamente entre 0°C y 30°C, que determina los procesos fisiológicos de las plantas y la tasa de evaporación de agua, en el suelo y vegetación.

Otro factor a considerar es la precipitación (PP), que es “la humedad condensada que cae de la atmósfera sobre la superficie de la tierra bajo diferentes formas, como llovizna, chubasco, nieve, granizo, niebla, rocío, etc.”

Finalmente, la humedad ambiental, o “ratio” de evapotranspiración, es determinada por interrelación de los factores de la BT y PP, la cual no se puede estimar de manera directa. Holdridge indica que es posible determinar la humedad ambiental para una asociación climática mediante una relación entre la evapotranspiración potencial promedio anual y la precipitación promedio anual.

En base a los factores establecidos por el sistema de clasificación climática de Holdridge, en el área de estudio se identificó la siguiente zona de vida (**Figura 4.2.2**):

- Desierto desecado – Premontano Tropical (dd-PT)

Es importante señalar, como se mencionó anteriormente, que la clasificación climática precedente debe ser considerada de manera referencial para la evaluación del área de estudio.

4.1.11 Calidad del aire

Como parte de la evaluación de la línea base ambiental del proyecto Central Eólica Mórrope, se realizó un análisis de la calidad del aire en el área de estudio del proyecto, el cual comprendió la determinación de las concentraciones de gases (CO, NO₂, SO₂, O₃, H₂S y benceno) y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), tomando como fuente de información el trabajo de campo realizado del 25 al 27 de febrero de 2020.

La evaluación tiene como marco normativo los lineamientos establecidos por el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos” (DIGESA, 2005) y los “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias” (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

Asimismo, es importante mencionar que, si bien el protocolo actualmente vigente es el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”, aprobado mediante D.S. N° 010-2019-MINAM, este fue aprobado el 29 de noviembre de 2019, con un plazo de adecuación de 180 días. Por lo tanto, al haberse realizado el muestreo de calidad de aire dentro de dicho plazo, el cumplimiento de los lineamientos de la R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA se ajusta al margen otorgado por el D.S. N° 010-2019-MINAM.

4.1.11.1 Metodología

Los parámetros evaluados en la elaboración de la línea base para la calidad del aire fueron los siguientes:

- Material particulado respirable de diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)
- Material particulado respirable de diámetro menor a 2,5 micras (PM_{2.5})
- Monóxido de carbono (CO)
- Ozono (O₃)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Sulfuro de hidrógeno (H₂S)
- Benceno (COV)

El muestreo de material particulado de PM₁₀ se llevó a cabo con equipos de alto volumen (*Hi Vol*), mientras que el material particulado de PM_{2.5} fue realizado con un equipo de bajo volumen (*Low Vol*). Por otro lado, las concentraciones de CO, NO₂, SO₂, O₃, H₂S y benceno fueron registradas mediante un tren de muestreo. Finalmente, se instaló una estación meteorológica para la toma de datos de parámetros meteorológicos.

En el **Cuadro 4.1.35**, se presenta un resumen de los equipos y métodos utilizados para la determinación de los parámetros analizados y realizados en el marco del presente EIAsd. Asimismo, los certificados de calibración de los equipos empleados se presentan en el **Anexo 4.1.10**.

Cuadro 4.1.35
Equipos y métodos de muestreo de calidad de aire

Parámetro	Método de muestreo	Equipo	Marca	Modelo
PM ₁₀	Colección en filtro de fibra de cuarzo	Alto volumen	TISCH	HI-VOL
PM _{2.5}		Bajo volumen	BGI	PQ 200
CO	Absorción en solución captadora, método dinámico	Manómetro	DWYER	SLACK TUBE
O ₃				
NO ₂				
SO ₂		Rotámetro	DWYER	T15AB
H ₂ S				
Benceno				
Parámetros meteorológicos	--	Estación meteorológica	DAVIS	VANTAGE PRO 2 PLUS

Fuente: SGS, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Es importante resaltar que, como complemento a la evaluación hecha en febrero/marzo 2020, se solicitaron datos de calidad del aire (PM₁₀) a la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) Lambayeque, la cual nos pudo proporcionar los datos de cuatro estaciones de monitoreo en la ciudad de Chiclayo. El objetivo de contar con estos datos fue el de corroborar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las épocas de verano y de invierno para el componente calidad del aire, confirmando así que la evaluación efectuada en la época de verano es suficiente para caracterizar este componente ambiental.

4.1.11.2 Estaciones de evaluación

Para la determinación del número de estaciones de muestreo y la definición de la ubicación de las mismas durante la evaluación de la línea base ambiental, se ha tomado en consideración las recomendaciones contenidas en el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire" (D.S. N° 010-2019-MINAM) propuesto por el Ministerio del Ambiente (MINAM), de forma referencial; el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos" (DIGESA, 2005), aún vigente en el momento de la toma de la información; y los "Estándares de Calidad Ambiental para Aire" (D.S. N° 003-2017-MINAM). Asimismo, se tomó como referencia los requerimientos establecidos en las normativas vigentes, la caracterización de zonas representativas del área de estudio y los criterios más relevantes de la *Environmental Protection Agency* (EPA) de los Estados Unidos.

En ese sentido, se definieron tres (03) estaciones de muestreo: A-01, A-02 y A-03, cuyo muestreo fue realizado en el mes de febrero de 2020. Es importante indicar que dichas estaciones fueron establecidas considerando la mejor caracterización del área de estudio. Es decir, la accesibilidad, la topografía de la zona, la dirección predominante del viento, entre otros. Las estaciones de calidad de aire abarcan toda el área de estudio de la central

eólica, considerando la posición a barlovento y sotavento de la dirección del viento, respecto a la ubicación de la infraestructura principal proyectada. Para definir las, se utilizó la información en relación a dirección del viento, la cual indica que la dirección predominante proviene del sur.

Cabe precisar que los Asentamientos Humanos Cruz de Mediana, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre, y el sector Yéncala León se ubican dentro del AID de la futura Central Eólica Mórrope, los cuales pertenecen geográficamente a la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope, por lo que las estaciones se han ubicado con el fin de evaluar su posible afectación como parte de las actividades a ser desarrolladas por el proyecto. Además, cabe resaltar que los dos primeros A.H. indicados pertenecen al Centro Poblado Mayor Cruz de Mediana, mientras que los otros tres son parte del Centro Poblado de Portada de Belén. Por lo tanto, para fines de simplificación, este documento menciona a Cruz de Mediana, Portada de Belén y Yéncala León como los tres lugares poblados dentro del área de estudio del proyecto.

La ubicación de las estaciones se presenta en el **Cuadro 4.1.36** y en la **Figura 4.1.15**, y el panel fotográfico del trabajo de campo de las estaciones se presenta en el **Anexo 4.1.1**. Asimismo, en el **Cuadro 4.1.37** se presentan las coordenadas de las estaciones de PM₁₀ para las cuales la DESA Lambayeque pudo proporcionar datos.

Cuadro 4.1.36
Ubicación de las estaciones de muestreo de calidad de aire

Código de estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 17M)		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)
A-01	Zona suroeste de la central (aerogeneradores)	611 479	9 260 149	7
A-02	Zona noreste de la central (línea de transmisión y caminos)	611 403	9 268 399	12
A-03	Zona noroeste de la central (aerogeneradores)	604 513	9 266 272	4

Fuente: INSIDE, 2020.
Elaborado por: INSIDE.

Cuadro 4.1.37
Ubicación de las estaciones de monitoreo de PM₁₀ - Lambayeque

Estación de monitoreo	Lugar	Distrito	Coordenadas UTM - WGS84 Zona 17 M		Ubicación respecto a CE Mórrope
			Este (m)	Norte (m)	
QUI	C.S. Quiñones	Chiclayo	625 121,60	9 251 376,06	Aproximadamente a 16.2 km al sureste de la Estación A-01 (Mórrope).
VIC	C.S. La Victoria - Sector I	La Victoria	627 667,15	9 248 928,83	Aproximadamente a 19.7 km al sureste de la

Estación de monitoreo	Lugar	Distrito	Coordenadas UTM - WGS84 Zona 17 M		Ubicación respecto a CE Mórrope
			Este (m)	Norte (m)	
					Estación A-01 (Mórrope).
JLO	C.S. José Leonardo Ortiz	José Leonardo Ortiz	628 402,83	9 253 476,63	Aproximadamente a 18.3 km al sureste de la Estación A-01 (Mórrope).
DES	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental - Chiclayo	Chiclayo	628 396,61	9 252 211,63	Aproximadamente a 18.7 km al sureste de la Estación A-01 (Mórrope).

Nota: La Estación de monitoreo de calidad de aire A-01, en el marco de la Línea Base Ambiental del proyecto Estudio de Impacto Ambiental semidetallado de la Central Eólica Mórrope, está ubicada al sureste de la zona de aerogeneradores de la central eólica.

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental Lambayeque.

Elaborado por: INSIDEO.

Fotografía 4.1.28

Estación de calidad de aire A-01 en el área de estudio del proyecto



Fuente: Línea Base Ambiental del EIASd del proyecto Central Eólica Mórrope (INSIDEO, 2020).

Fotografía 4.1.29**Estación de calidad de aire A-02 en el área de estudio del proyecto**

Fuente: Línea Base Ambiental del EIASd del proyecto Central Eólica Mórrope (INSIDEO, 2020).

Fotografía 4.1.30**Estación de calidad de aire A-03 en el área de estudio del proyecto**

Fuente: Línea Base Ambiental del EIASd del proyecto Central Eólica Mórrope (INSIDEO, 2020).

4.1.11.3 Condiciones meteorológicas durante el muestreo

Como parte del muestreo de calidad del aire se instaló por 24 horas una estación meteorológica portátil en cada una de las estaciones de muestreo, recopilándose información sobre temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Los datos obtenidos fueron considerados en el análisis de las concentraciones reportadas tanto por los equipos de alto volumen, como por los equipos analizadores de gases.

A continuación, se presenta un resumen de las condiciones meteorológicas en las diferentes estaciones. El análisis de las condiciones meteorológicas se presenta en la **Sección 4.1.10**.

Cuadro 4.1.38
Condiciones meteorológicas durante el muestreo de calidad de aire

Estación	Parámetros				
	Temperatura promedio (°C)	Presión atmosférica (mmHg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
A-01	24,1	736	73	5,08	S
A-02	26,2	735	71	5,66	SSO
A-03	23,6	734	78	5,87	SSO

Fuente: Línea Base Ambiental del EIA_{sd} del proyecto Central Eólica Mórrope (INSIDEO, 2020).
Elaborado por: INSIDEO.

4.1.11.4 Resultados de los muestreos

Los resultados de los muestreos se presentan en la **Tabla 4.1.2**, mientras que los informes de ensayo emitidos se presentan en el **Anexo 4.1.2**.

Es preciso mencionar que el área del estudio no tiene actividades existentes en el sector de emplazamiento de los futuros aerogeneradores. Además, cuenta con actividad agrícola, dependiente de irrigación externa, en la zona entre donde se prevé instalar la SE La Arena y la Carretera Panamericana.

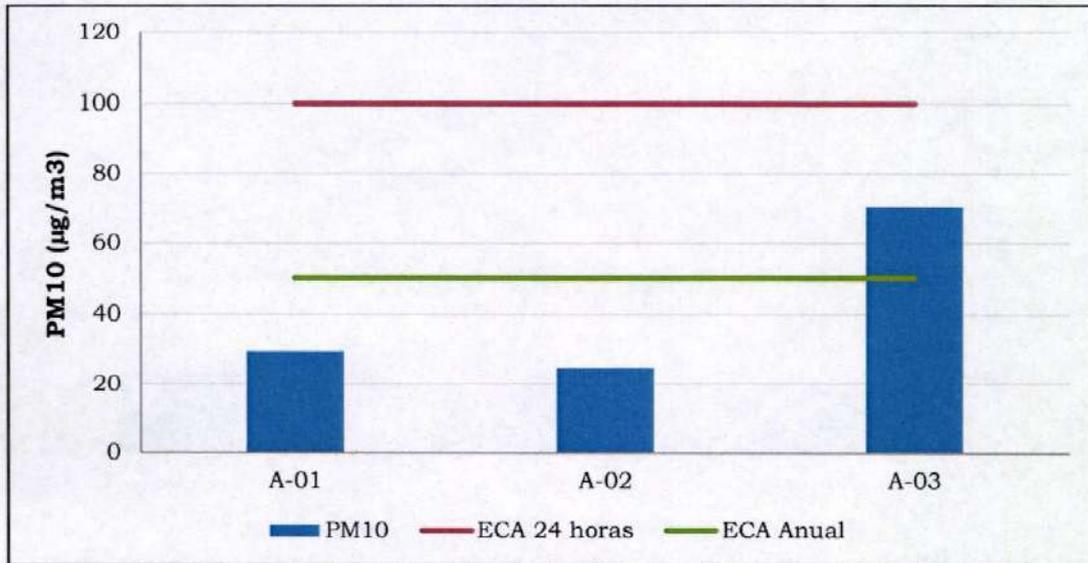
En el caso particular de las actividades asociadas al desarrollo del proyecto, únicamente se considera relevante, en términos ambientales, la contribución de material particulado como consecuencia del movimiento de tierras para la habilitación de la infraestructura de generación y la menor emisión de gases de combustión que generarán los vehículos al movilizar al personal y a los equipos necesarios para la construcción. Por este motivo, los únicos parámetros relevantes a ser evaluados son el PM₁₀, PM_{2.5}, CO, NO₂ y SO₂, tal como fue indicado en los Términos de Referencia aprobados.

Partículas menores a 10 micras (PM₁₀)

Los resultados de las mediciones de PM₁₀ en las estaciones de muestreo indican que todos los puntos cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, establecido mediante D.S. N° 003-2017-MINAM, para el periodo de 24 horas (100 µg/m³).

Sin embargo, como se puede observar en el **Gráfico 4.1.18**, la concentración de PM₁₀ que registra la estación A-03 (70,5 µg/m³) excede el ECA de Aire, para el periodo anual (50 µg/m³). Debido a que la zona evaluada presenta un terreno desértico con montículos de material no consolidado, tal como se evidencia en la **Fotografía 4.1.30**, la generación de material particulado puede surgir de manera natural como efecto de arrastre de partículas por acción del viento, cuya velocidad fue de 5,87 m/s en dirección suroeste (**Cuadro 4.1.38**).

Gráfico 4.1.18
Concentración de PM₁₀

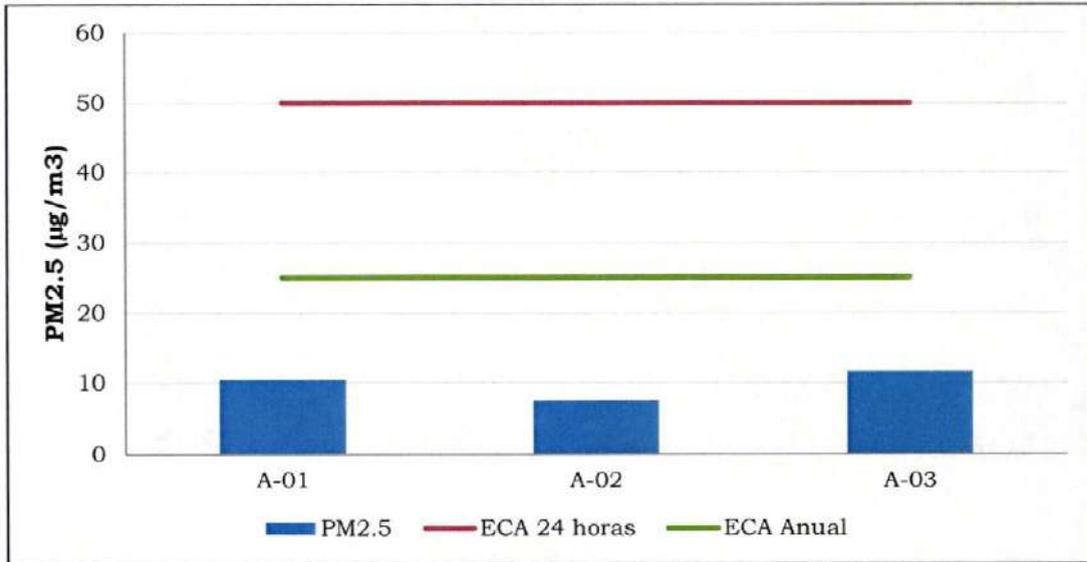


Fuente: SGS, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Partículas menores a 2,5 micras (PM_{2.5})

De acuerdo con la normativa vigente, los resultados de las mediciones de PM_{2.5} en las estaciones de muestreo indican que todos los puntos cumplen con lo establecido en el ECA de Aire para el periodo de 24 horas (50 µg/m³) y para el periodo anual (25 µg/m³). El comportamiento de dicho parámetro respecto a las estaciones evaluadas se puede apreciar en el **Gráfico 4.1.19**. Estos resultados refuerzan la estimación de la influencia del material del sustrato sobre el contenido de PM₁₀, puesto que los suelos del área, mayormente desprovistos de vegetación, están compuestos por materiales gruesos principalmente, siendo el contenido de finos menor (suelos de textura arenosa). De esta manera, frente a ráfagas, se estima que el contenido de PM₁₀ sea el principal afectado, pero, dada la naturaleza edáfica del área, también se estima que la potencialidad de arrastre de finos (PM_{2.5}) sea limitada.

Gráfico 4.1.19
Concentración de PM_{2.5}

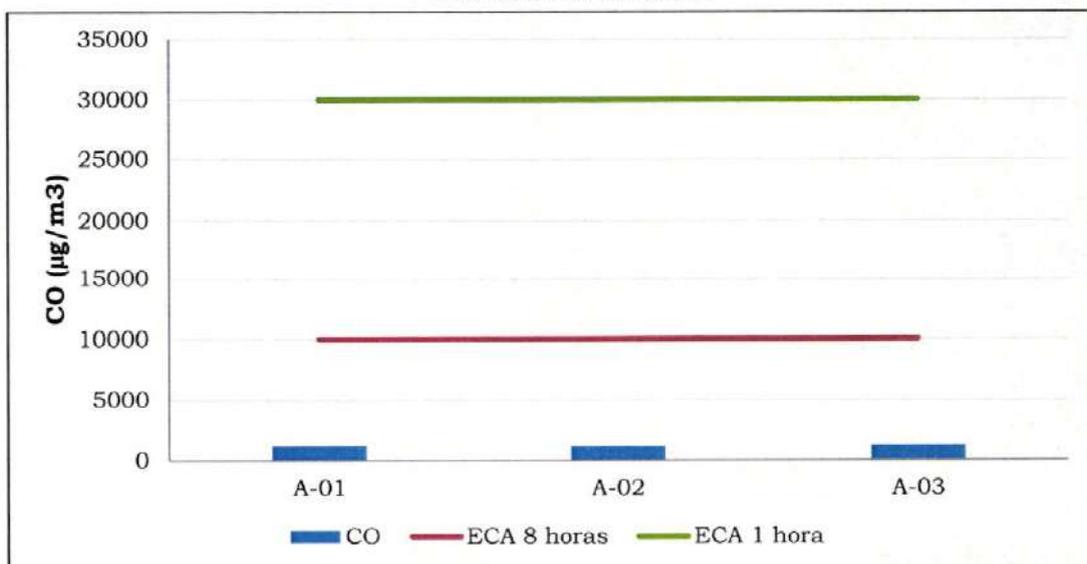


Fuente: SGS, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Monóxido de Carbono (CO)

Respecto a las concentraciones promedio de CO, los resultados reportados en todas las estaciones de muestreo cumplen con el ECA de Aire para 1 hora (30 000 µg/m³) y 8 horas (10 000 µg/m³). El comportamiento de dicho parámetro respecto a las estaciones evaluadas se puede apreciar en el **Gráfico 4.1.20** y la **Tabla 4.1.2**.

Gráfico 4.1.20
Concentración de CO

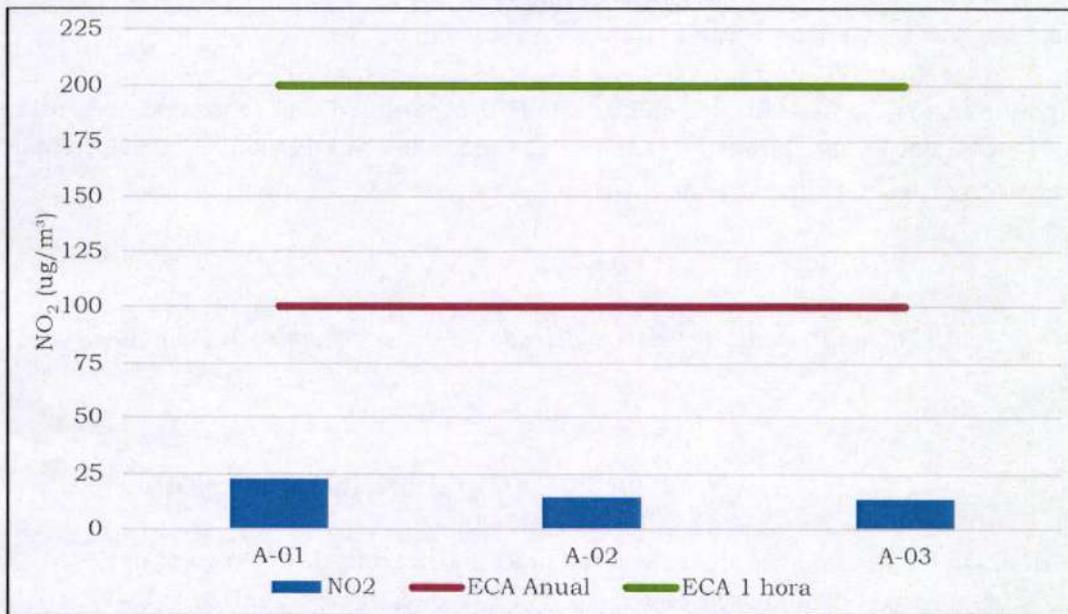


Fuente: SGS, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Como se aprecia en la **Tabla 4.1.2** y **Gráfico 4.1.21**, las concentraciones promedio de NO₂ para un periodo de 1 hora resultaron menores al ECA de Aire establecido para dicho parámetro (200 µg/m³). Asimismo, los valores también resultaron por debajo del ECA de Aire para el periodo anual (100 µg/m³).

Gráfico 4.1.21
Concentración de NO₂



Fuente: SGS, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Dióxido de Azufre (SO₂)

De acuerdo a la **Tabla 4.1.2**, las concentraciones registradas para SO₂ para un periodo de 24 horas fueron menores al límite de cuantificación del método (<13 µg/m³), y a la vez, por debajo del ECA de Aire para 24 horas (250 µg/m³), establecido mediante el D.S. N° 003-2017-MINAM.

Ozono (O₃)

De acuerdo a la **Tabla 4.1.2**, las concentraciones registradas en las estaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación (<3 µg/m³), hallándose muy por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para 8 horas (100 µg/m³), establecido mediante el D.S. N° 003-2017-MINAM.

Sulfuro de Hidrógeno o Hidrógeno Sulfurado (H₂S)

Tal como se observa en la **Tabla 4.1.2**, las concentraciones de H₂S para un periodo de 24 horas en todas las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método de análisis (<6,1 µg/m³) y, a su vez, muy por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire para 24 horas (150 µg/m³).

Compuestos orgánicos volátiles (Benceno)

Respecto a las concentraciones máximas promedio de compuestos orgánicos volátiles, en forma de benceno, estas se encuentran por debajo del límite de cuantificación ($<1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y, a su vez, muy por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire anual ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM (ver **Tabla 4.1.2**).

Datos complementarios de PM_{10}

Se recopiló información de PM_{10} para el periodo 2008 – 2019 en las cuatro estaciones mencionadas previamente (**Tabla 4.1.3**).

A continuación, se describe el análisis estadístico para comprobar la hipótesis nula que consiste en que el valor promedio de PM_{10} de la época de verano es similar al valor promedio de PM_{10} registrado en la época de invierno.

$$H_0: \bar{x}_{\text{verano}} = \bar{x}_{\text{invierno}}$$

El valor promedio de PM_{10} registrado verano es similar al de invierno

$$H_1: \bar{x}_{\text{verano}} \neq \bar{x}_{\text{invierno}}$$

El valor promedio de PM_{10} en verano es diferente al de invierno

Para el análisis estadístico de los valores de concentración de PM_{10} en el periodo 2008 – 2019, se generó el diagrama de cajas con los datos disponibles (**Gráfico 4.1.22**). El detalle de los valores de concentración de PM_{10} por estación para cada año se encuentra en el **Anexo 4.1.11**.

Como se puede ver, los valores de la concentración de PM_{10} para cada estación presentan sesgos en su distribución; es decir, algunos de los valores de concentración de PM_{10} están alejados al valor promedio de PM_{10} obtenido en cada época por cada estación de monitoreo. Se ha verificado estadísticamente, a través del test de Shapiro-Wilk, con el software R, que el conjunto de datos para cada estación no tiene una distribución normal, los cuales indican que el análisis requerirá de un método estadístico no paramétrico para comprobar la hipótesis nula.

En este caso, el test estadístico más adecuado para este tipo de datos con distribución no paramétrica para dos muestras independientes (épocas de verano y de invierno), con una variable (concentración de PM_{10}) es el de Wilcoxon-Mann-Whitney²² (WMW).

²² Gómez, M. et. al. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. Revista Mexicana de Pediatría. México, 2003. Vol. 70, Núm. 2, pp. 91-99.

Este test es la alternativa no paramétrica a la comparación de dos promedios independientes a través de la *t* de Student. La prueba de WMW pertenece al grupo de pruebas estadísticas no paramétricas (datos que no cuentan con una distribución normal). La diferencia de dispersión de datos de un grupo con respecto al otro es la esencia de la prueba de WMW. Otra versión es que la prueba de WMW mide si la probabilidad de que un dato del primer grupo sea menor que un dato del otro grupo.²³

Por lo tanto, las nuevas hipótesis nula y alterna son las siguientes:

H₀: La distribución de los datos de PM₁₀ registrados en verano es similar a la de invierno

H₁: La distribución de los datos de PM₁₀ registrados en verano es diferente a la de invierno

Para un nivel de confianza de 95 %, si:

- *p-value* > 0.05, se acepta la hipótesis nula (*H₀*)
- *p-value* < 0.05, se acepta la hipótesis alterna (*H₁*) y se rechaza la hipótesis nula (*H₀*).

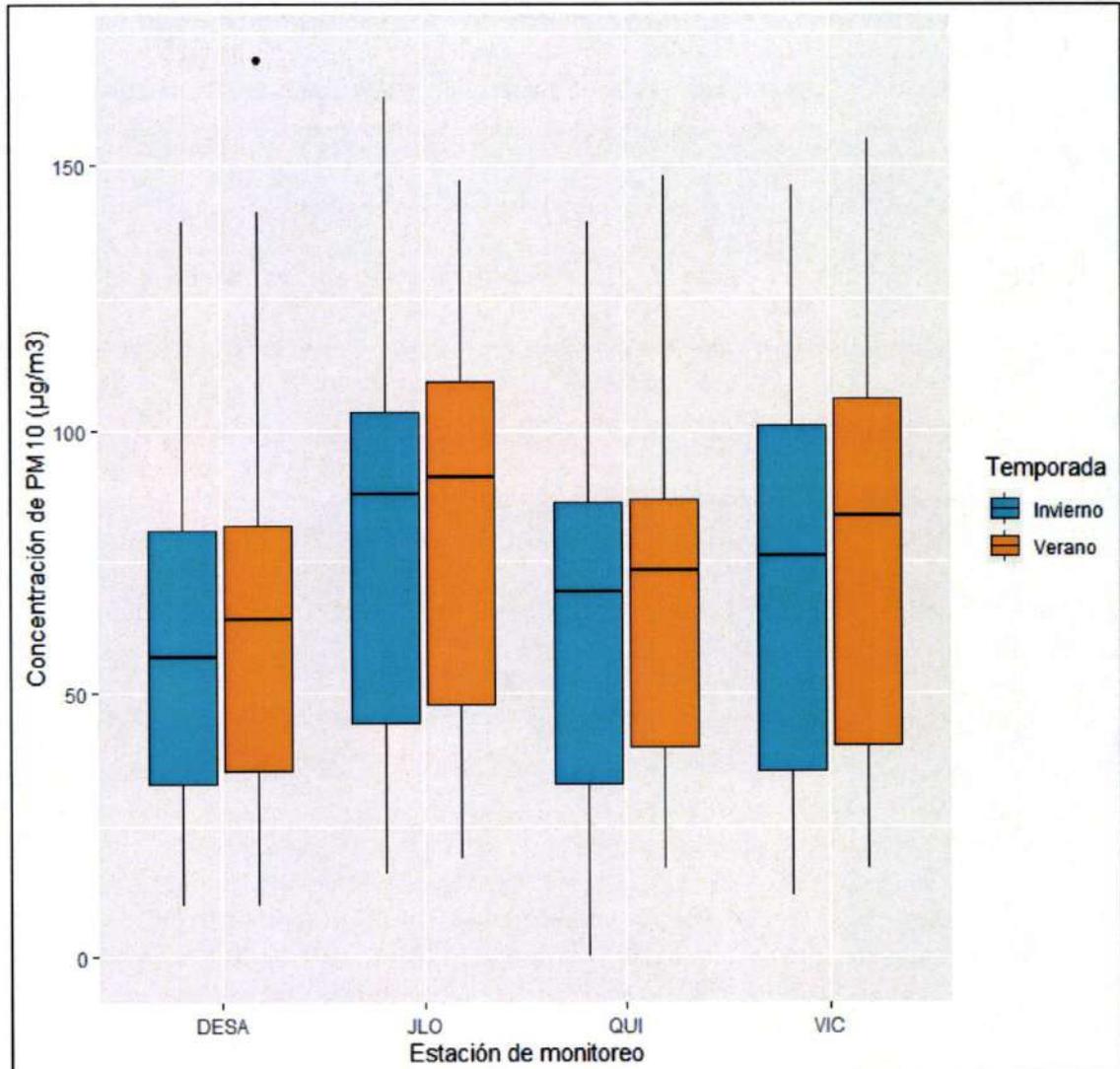
Mediante la prueba Mann Whitney, con el software R, se obtuvo los siguientes valores de *p* para cada estación de monitoreo:

- DESA: *W* = 19021, *p-value* = 0,1749
- JLO: *W* = 18798, *p-value* = 0,07694
- QUI: *W* = 18810, *p-value* = 0,198
- VIC: *W* = 18638, *p-value* = 0,06916

Como se observa, todos los valores *p* son mayores a 0,05, lo cual permite confirmar la hipótesis nula de que los datos de PM₁₀ en las épocas de verano e invierno no son estadísticamente diferentes. Por lo tanto, se concluye que la caracterización de la calidad del aire hecha en campo en la época de verano es suficiente para representar este componente ambiental en el área de estudio.

²³ Sánchez, R. Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney: mitos y realidades. Revista Mexicana de Endocrinología Metabolismo & Nutrición. México. 2015. Vol. 2, pp.: 18-21.

Gráfico 4.1.22
Diagrama de cajas – Concentración de PM10 por temporada



Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental Lambayeque.
Elaborado por: INSIDEO.

4.1.11.5 Conclusiones

- Debido a que las características de la zona evaluada presentan condiciones tales como poca vegetación, fuerte actividad eólica y terreno desértico con material no consolidado, estos factores podrían contribuir con la generación de material particulado de tamaño mayor (PM_{10}) de forma natural. En tal sentido, los resultados obtenidos evidencian potenciales contribuciones de material particulado PM_{10} , el cual registra una excedencia al ECA de Aire en la estación A-03 ($70,5 \mu g/m^3$) para el periodo anual ($50 \mu g/m^3$).
- No obstante, de acuerdo con los resultados obtenidos, los demás valores asociados a los parámetros de calidad del aire contemplados en la legislación nacional se

encuentran por debajo de los valores establecidos en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

- No existe diferencia estadística significativa en la concentración de PM_{10} entre la época de verano y la época de invierno, por lo que la evaluación realizada en campo en la época de verano se considera suficiente para caracterizar este componente ambiental.

4.1.12 Nivel de ruido ambiental

En el caso del nivel de ruido ambiental, se busca evaluar las condiciones actuales en el área de emplazamiento del proyecto y en los receptores sensibles más cercanos. En tal sentido, para la determinación de ruido ambiental en el área de estudio del proyecto, se evaluarán estaciones como parte de la presente línea base, en una época.

Estas mediciones fueron efectuadas por personal de SGS del Perú S.A.C. entre el 25 y el 27 de febrero de 2020. En el **Anexo 4.1.1** se adjunta el panel fotográfico de las mediciones realizadas.

4.1.12.1 Metodología

La determinación de los niveles de ruido fue realizada en horario diurno (07:01 - 22:00) y nocturno (22:01 - 07:00) en los puntos establecidos. Para realizar las mediciones, el equipo fue ubicado a 1,5 m de su eje vertical y a no menos de 3 m de cualquier superficie reflectante en su eje horizontal. Asimismo, los parámetros registrados fueron: nivel de presión sonora continua equivalente (L_{AeqT}), nivel de presión sonora mínima (L_{min}) y nivel de presión sonora máxima (L_{max}). El equipo de medición utilizado fue un sonómetro de marca SVANTEK, modelo SVAN 957 y clase 1, cuyo certificado de calibración se presenta en el **Anexo 4.1.10**.

El sonómetro utilizado para las mediciones de ruido, cumplió con las características exigidas por ANSI S1.4-1983 (R2006), Type 1 y por la IEC 61672-1:2002 *for Sound Level Meters, Class 1*. Asimismo, las mediciones de ruido se realizaron en conformidad con la norma ISO 1996 - 2:2008, acorde con los procedimientos de los estándares internacionales para mediciones de ruido al exterior de recintos. La duración de cada medición se basó en una integración registrada durante un intervalo de tiempo de 15 minutos.

4.1.12.2 Puntos de medición

Se seleccionaron en total diez (10) puntos de medición de niveles de ruido representativos del proyecto, considerando aspectos como la accesibilidad, la topografía de la zona, la dirección predominante del viento, entre otros. Estas estaciones abarcan toda el área de estudio de la central eólica, considerando la posición a barlovento y sotavento de la dirección del viento.

Cabe precisar que hay tres núcleos poblados (Cruz de Medianía, Portada de Belén y Yéncala León) dentro del AID de la futura Central Eólica Mórrope, la cual pertenece geográficamente

a la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope, por lo que las estaciones se han ubicado con el fin de evaluar su posible afectación como parte de las actividades a ser desarrolladas por el proyecto. La distribución espacial y descripción de los puntos de medición se presentan en la **Figura 4.1.16** y en el **Cuadro 4.1.39**.

Cuadro 4.1.39
Ubicación de los puntos de medición de ruido ambiental

Código de estación	Coordenadas UTM (WGS84 - zona 17M)		Altitud (m)	ECA de comparación	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)			
R-01	614 113	9 268 741	16	Residencial	A.H. Cruz de Medianía, cerca de la carretera Panamericana Norte
R-02	611 907	9 268 058	12	Residencial	Subestación Eléctrica La Arena
R-03	608 779	9 266 407	7	Industrial	Camino de acceso a la central eólica
R-04	613 054	9 260 644	7	Residencial	Cerca de campos de cultivo, zona sur de la central eólica
R-05	609 387	9 258 655	2	Industrial	A 350 metros del aerogenerador A-36
R-06	607 518	9 262 260	3	Industrial	A 450 metros del aerogenerador A-20
R-07	605 063	9 260 666	3	Industrial	A 1 km del aerogenerador A-28 y a 650 metros del litoral
R-08	603 471	9 265 157	2	Industrial	A 600 m de los aerogeneradores A-11 y A-12
R-09	610 446	9 262 506	10	Industrial	Camino de acceso secundario a la central eólica
R-10	614 992	9 263 237	12	Industrial	Cerca de campos de cultivo, zona sureste de la central eólica

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cabe aclarar que la comparación de niveles de ruido se realizará con el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido, establecido con el D.S. N° 085-2003-PCM, correspondiente al horario de ejecución del monitoreo (diurno y nocturno). Asimismo, los resultados serán comparados tanto con el ECA para la categoría de Zona Industrial, dado que la central eólica se proyecta en su mayor parte sobre un terreno sin ocupación residencial alguna (zona desértica, ver **Fotografía 4.1.31**), como para la categoría de Zona Residencial, debido a que se realizó la evaluación de la calidad del ruido en zonas cercanas a los núcleos poblados de Cruz de Medianía, Portada de Belén y Yéncala León, con el objetivo de medir los niveles de presión en las zonas sensibles del área de estudio.

Fotografía 4.1.31

Área de medición de ruido ambiental en el punto R-03



Fuente: INSIDEO, 2020.

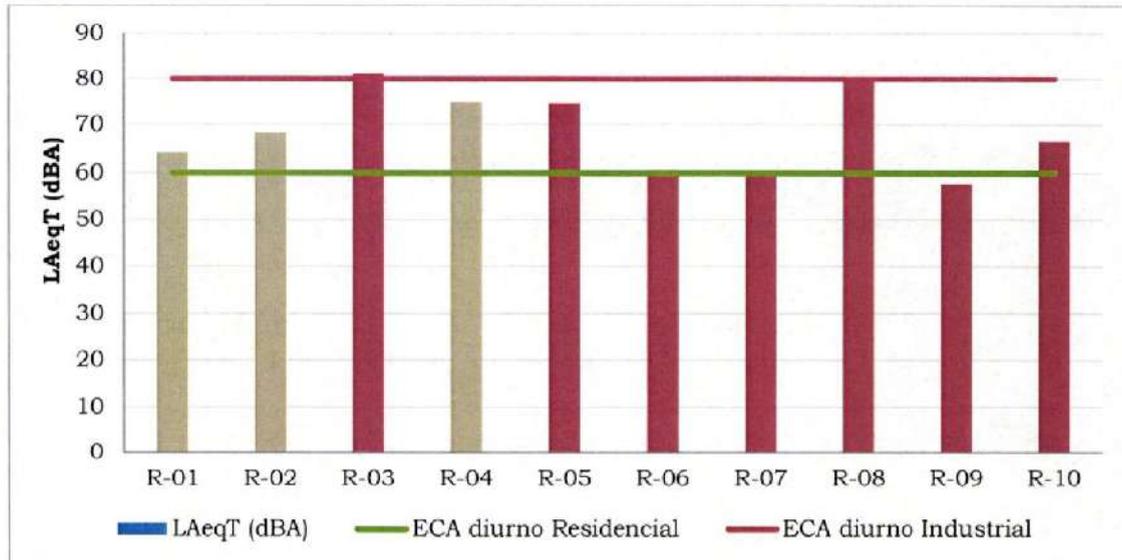
4.1.12.3 Resultados

En la **Tabla 4.1.4**, se presentan los resultados de los niveles de presión sonora en horario diurno y nocturno en el área de estudio. Es importante mencionar que los puntos de medición establecidos se encuentran en zonas proyectadas de los futuros emplazamientos, algunos próximos a la carretera Panamericana ya los núcleos poblados Cruz de Medianía, Portada de Belén y Yéncala León. Asimismo, la moderada acción de los vientos es un factor a tomar en cuenta respecto a los resultados obtenidos de los niveles de presión sonora en cada punto.

En cuanto al horario diurno, tal como se puede observar en el **Gráfico 4.1.23**, las estaciones comparadas con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido para la Zona Residencial (R-01, R-02 y R-04) reportaron un exceso del ECA (60 dB), con valores en un rango de 64,2 dB a 74,7 dB. En el caso de la estación R-01, la excedencia se podría derivar principalmente del tránsito de vehículos debido a que dicha estación se ubica cerca a la carretera Panamericana Norte. En relación a las estaciones R-02 y R-04, el factor principal que podría contribuir a la excedencia evidenciada en los niveles de ruido es el viento, ya que, como se puede ver en la **Sección 4.1.11.3**, la velocidad del viento superó los 5 m/s en las estaciones A-02 y A-01, las cuales se ubican cercanas a las estaciones R-02 y R-04, respectivamente.

Con respecto a las estaciones comparadas con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido para la Zona Industrial, los puntos R-03 y R-08 excedieron levemente el ECA (80 dB), con valores de 81,2 dB y 80,4 dB, respectivamente. En este caso, la causa principal de dichas excedencias también se podría deber al viento, sobre todo que la estación A-03, ubicada cerca del punto R-08, registró una velocidad de viento de casi 6 m/s (ver **Sección 4.1.11.3**).

Gráfico 4.1.23
Niveles de presión sonora (dBA) – Horario diurno para Zona Industrial y Zona Residencial



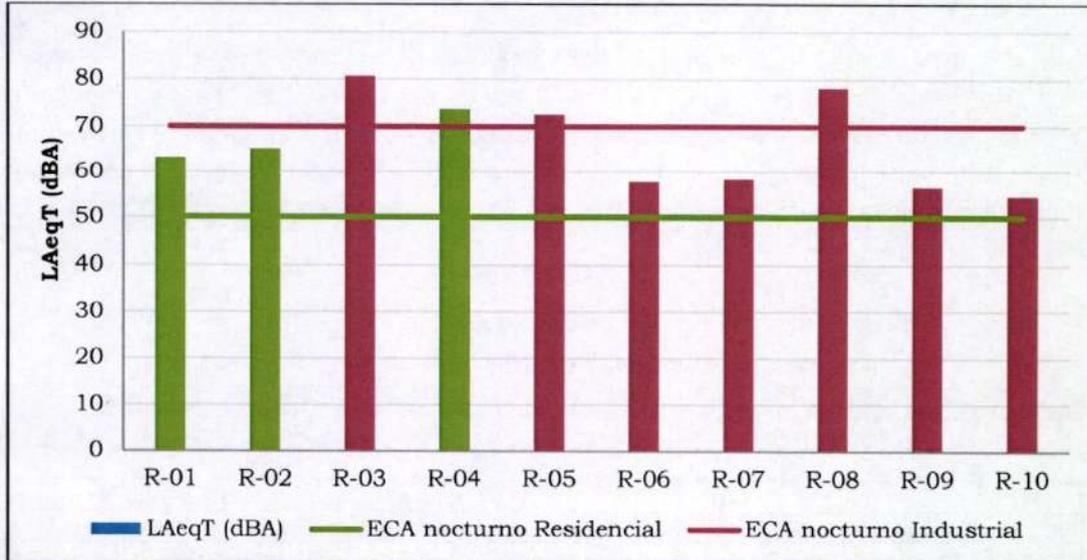
Nota: Los puntos R-01, R-02 y R-04 han sido comparados con el ECA Ruido para la Zona Residencial, mientras que el resto de puntos han sido comparados con el ECA Ruido para la Zona Industrial.
 Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

En cuanto al horario nocturno, tal como se puede observar en el **Gráfico 4.1.24**, todas las estaciones comparadas con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido para la Zona Residencial (R-01, R-02 y R-04) reportaron un exceso del ECA (50 dB), con valores entre 63,1 dB y 73,7 dB. Con respecto a las estaciones comparadas con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido para la Zona Industrial, los puntos R-03, R-05 y R-08 excedieron el ECA (70 dB), con valores de 80,7 dB, 72,6 dB y 78,2 dB, respectivamente.

En el caso del punto R-01, su excedencia se debe principalmente a los aportes por el tránsito de vehículos debido a su cercanía a la carretera Panamericana Norte. En el caso de los demás puntos, la principal fuente de ruido fue el paso del viento con intensidad moderada.

Gráfico 4.1.24

Niveles de presión sonora (dBA) – Horario nocturno para Zona Industrial y Zona Residencial



Nota: Los puntos R-01, R-02 y R-04 han sido comparados con el ECA Ruido para la Zona Residencial, mientras que el resto de puntos han sido comparados con el ECA Ruido para la Zona Industrial.

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

4.1.12.4 Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos, la mitad de las estaciones de medición de ruido registran valores que cumplen los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido para el horario diurno, considerando que siete (07) estaciones han sido comparadas con la Zona Industrial (R-03, R-05, R-06, R-07, R-08, R-09 y R-10) y tres (03) con la Zona Residencial (R-01, R-02 y R-04). Para el horario nocturno, se reportaron seis (06) estaciones que exceden el ECA, para sus respectivas zonas de comparación.
- Se concluye que la excedencia de este parámetro ambiental se debe principalmente a los aportes ocasionados por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Norte y a la presencia de vientos de intensidad moderada.

4.1.13 Vibraciones

Se realizaron las mediciones de vibraciones en el área de estudio acorde a las zonas del futuro emplazamiento de las estructuras y accesos, así como a los núcleos poblacionales (i.e. Cruz de Medianía). Estas mediciones fueron efectuadas por SGS del Perú S.A.C. y fueron realizadas del 25 al 27 de febrero de 2020. En el **Anexo 4.1.1** se adjunta el panel fotográfico de las mediciones realizadas.

4.1.13.1 Metodología

Para la determinación de los niveles de vibración en el área de estudio se utilizó un sensor de vibración (acelerómetro) marca DYTRAN, modelo 3185D, serie 3089, el cual cumple con

el método de referencia ISO 4866:1990 “*Mechanical vibration and shock – Vibration buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings*”, cuyo certificado de calibración se presenta en el **Anexo 4.1.10**.

Las mediciones fueron puntuales y se realizaron teniendo como referencia a los requerimientos de la norma ISO 2631-1 “*Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibration*”. La duración de cada medición fue de 15 minutos. Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas fueron comparados con la misma norma internacional, de manera referencial, y que establecen lo detallado en el **Cuadro 4.1.40**.

Cuadro 4.1.40
Evaluación de niveles de vibración según ISO 2631-1

Aceleración de vibración (m/s ²)	Evaluación
Menor que 0,015	No perceptible
Menor que 0,315	No incómodo
0,315 – 0,63	Un poco incómodo
0,5 – 1	Relativamente incómodo
0,8 – 1,6	Incómodo
1,25 – 2,5	Muy incómodo
Mayor a 2	Extremadamente incómodo

Fuente: Norma ISO 2631-1-2011.
Elaborado por: INSIDEO.

4.1.13.2 Puntos de medición

La ubicación y descripción de los puntos de medición se presentan en la **Figura 4.1.17**, y en el **Cuadro 4.1.41**. Se establecieron diez (10) puntos de medición en el área de estudio del proyecto, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.1.41
Ubicación de los puntos de medición de vibraciones

Código de estación	Coordenadas UTM (WGS84 - zona 17M)		Altitud (m)	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
V-01	614 113	9 268 741	16	A.H. Cruz de Mediana, cerca de la carretera Panamericana Norte
V-02	611 907	9 268 058	12	Subestación Eléctrica La Arena
V-03	608 779	9 266 407	7	Camino de acceso a la central eólica
V-04	613 054	9 260 644	7	Cerca de campos de cultivo, zona sur de la central eólica
V-05	609 387	9 258 655	2	A 350 metros del aerogenerador A-36
V-06	607 518	9 262 260	3	A 450 metros del aerogenerador A-20
V-07	605 063	9 260 666	3	A 1 km del aerogenerador A-28 y a 650 metros del litoral
V-08	603 471	9 265 157	2	A 600 m de los aerogeneradores A-11 y A-12
V-09	610 446	9 262 506	10	Camino de acceso secundario a la central eólica

Código de estación	Coordenadas UTM (WGS84 - zona 17M)		Altitud (m)	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
V-10	614 992	9 263 237	12	Cerca de campos de cultivo, zona sureste de la central eólica

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Cabe aclarar que la comparación de la medición de vibraciones se realizó, de manera referencial, con la norma ISO 2631-1 “*Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole body vibration*”, ante la ausencia de estándares de calidad ambiental para este componente en la legislación nacional.

Fotografía 4.1.32
Medición de vibraciones en el punto V-02



Fuente: SGS, 2020.

4.1.13.3 Resultados

En el **Cuadro 4.1.42**, se presentan los resultados de la medición de vibraciones en la zona de estudio, mientras que el informe de ensayo se presenta en el **Anexo 4.1.2**.

Cuadro 4.1.42
Resultados de medición de vibraciones

Punto	Fecha	Hora de inicio	Resultados (m/s ²)
V-01	25/02/2020	11:20	1,1964
V-02	25/02/2020	13:20	1,1680
V-03	25/02/2020	15:20	<0,0100
V-04	27/02/2020	15:20	<0,0100
V-05	26/02/2020	11:55	<0,0100
V-06	27/02/2020	10:00	<0,0100
V-07	26/02/2020	14:40	<0,0100
V-08	26/02/2020	16:00	<0,0100
V-09	27/02/2020	11:00	<0,0100
V-10	27/02/2020	14:00	<0,0100

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Del cuadro anterior se observa que en ocho (08) de los diez (10) puntos de medición no se detectaron resultados de vibraciones. Tomando en consideración la norma ISO 2631-1-2011 de manera referencial, se obtiene que los resultados están en el nivel de No Perceptibles ($<0,015 \text{ m/s}^2$). Esto evidencia que el área de estudio del proyecto no se ve influenciada por vibraciones externas producidas, por ejemplo, por el parque automotor, labores de construcción, entre otros.

Por otro lado, considerando la norma ISO 2631-1-2011 de manera referencial, para las estaciones V-01 y V-02, los resultados reportan el nivel Incómodo ($0,8 - 1,6 \text{ m/s}^2$). Con respecto al punto V-01, su nivel de vibración registrado se debe principalmente a la cercanía a la carretera Panamericana Norte, que se encuentra aproximadamente a 286 metros de distancia, así como a la influencia de las actividades humanas asociadas al A.H. Cruz de Mediana. Por su parte, en relación al punto V-02, el nivel de vibración registrado puede deberse al paso ocasional de un vehículo durante el periodo de muestreo.

4.1.13.4 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, en ocho (08) de los diez (10) puntos de medición de vibraciones realizadas en el área de estudio, se registran resultados menores a $0,015 \text{ m/s}^2$, por lo que cumplen con la Categoría No perceptible, dispuesto en la Norma ISO 2631-1-2011, la cual se tomó como referencia para la comparación, al no haber legislación nacional vigente para la medición de vibraciones. Asimismo, en los dos (02) puntos restantes (V-01 y V-02) se registraron valores, con respecto a lo establecido por dicha norma, cercanos al nivel Incómodo ($0,8 - 1,6 \text{ m/s}^2$), los cuales se pueden deber a la influencia de ciertas actividades humanas y otras externas como la presencia de la carretera Panamericana Norte.

4.1.14 Radiaciones no ionizantes

Como parte del estudio de la Línea Base Ambiental, se realizó la evaluación de radiaciones no ionizantes, por parte del equipo de INSIDEO. Este estudio se realizó para evaluar el área donde se emplazarán las futuras instalaciones del proyecto y como punto de partida para futuras estimaciones de impactos.

En la presente sección se analiza la intensidad de campo eléctrico, intensidad de campo magnético y densidad de flujo magnético en los diferentes puntos de medición seleccionados. Estas mediciones fueron efectuadas por INSIDEO los días 25 y 26 de febrero del 2020. El panel fotográfico de las mediciones realizadas se presenta en el **Anexo 4.1.1**.

4.1.14.1 Metodología

Las mediciones se realizaron teniendo como referencia la norma IEEE Std. 644 – 1994 “*Standard procedures for measurement of Power frequency Electric and Magnetic Fields*” y se utilizó un analizador de espectro de baja frecuencia marca *Aaronia AG*, modelo *Spectran NF-1010E*, con número de serie 33490, cuyo certificado de calibración se presenta en el **Anexo 4.1.10**.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (D.S. N° 010-2005-PCM), así como los Valores Límites ICNIRP para exposiciones del Público en General.

4.1.14.2 Puntos de medición

Los puntos de medición de radiaciones no ionizantes fueron definidos considerando las mismas pautas que las establecidas para la medición de los niveles de ruido y vibraciones:

- a) Proximidades a los núcleos poblacionales.
- b) Zonas de emplazamiento de los componentes proyectados.

En ese sentido, se establecieron diez (10) puntos de medición en el área de estudio del proyecto. Las mediciones se efectuaron a 1,5 m de altura con respecto al suelo.

La ubicación y descripción de puntos de medición se presentan en la **Figura 4.1.18** y en el **Cuadro 4.1.43**. Asimismo, las fotografías del trabajo realizado se presentan en el **Anexo 4.1.1**.

Cuadro 4.1.43
Ubicación de los puntos de medición de radiaciones no ionizantes

Código de estación	Coordenadas UTM (WGS84 - zona 17M)		Altitud (m)	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
RNI-01	614 113	9 268 741	16	A.H. Cruz de Mediana, cerca de la carretera Panamericana Norte
RNI-02	611 907	9 268 058	12	Subestación Eléctrica La Arena
RNI-03	608 779	9 266 407	7	Camino de acceso a la central eólica
RNI-04	613 054	9 260 644	7	Cerca de campos de cultivo, zona sur de la central eólica
RNI-05	609 387	9 258 655	2	A 350 metros del aerogenerador A-36
RNI-06	607 518	9 262 260	3	A 450 metros del aerogenerador A-20
RNI-07	605 063	9 260 666	3	A 1 km del aerogenerador A-28 y a 650 metros del litoral
RNI-08	603 471	9 265 157	2	A 600 m de los aerogeneradores A-11 y A-12
RNI-09	610 446	9 262 506	10	Camino de acceso secundario a la central eólica
RNI-10	614 992	9 263 237	12	Cerca de campos de cultivo, zona sureste de la central eólica

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Fotografía 4.1.33**Medición de radiaciones no ionizantes en el punto RNI-01**

Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.34**Área de medición de radiaciones no ionizantes en el punto RNI-04**

Fuente: INSIDEO, 2020.

4.1.14.3 Resultados

En el **Cuadro 4.1.44** se presentan los resultados de la evaluación de radiaciones no ionizantes, obtenidos de las mediciones realizadas en febrero de 2020.

Estos resultados fueron comparados con el Estándar Nacional de la Densidad de Flujo Magnético (B) indicado en el Anexo del D.S. N° 010-2005-PCM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, el cual establece que, para redes de energía eléctrica cuya frecuencia se encuentra entre 0,025 y 0,8 kHz, la densidad de flujo magnético está dada por la expresión:

$$B = \frac{5}{f} = 83,3 \mu T$$

Donde:

B: es la densidad de flujo magnético, en μT

F: es la frecuencia, en kHz; siendo la frecuencia utilizada de 0,06 kHz

En lo referente al Estándar Nacional de Campo Eléctrico (E) y Campo Magnético (H), los Estándares de Calidad Ambiental están dadas por las siguientes expresiones:

$$E = \frac{250}{f} = 4166,67 \frac{V}{m}$$

Donde:

E: es la intensidad de campo eléctrico, en V/m

F: es la frecuencia, en kHz; siendo la frecuencia utilizada de 0,06 kHz

$$H = \frac{4}{f} = 66,67 \frac{A}{m}$$

Donde:

H: es la intensidad de campo magnético, en A/m

F: es la frecuencia, en kHz; siendo la frecuencia utilizada de 0,06 kHz

Tal como se puede apreciar en el Cuadro 4.1.44, todos los valores medidos en las futuras zonas de emplazamiento de los aerogeneradores y demás componentes se encuentran muy por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, el cual establece un valor de 83,3 μT para la densidad de flujo magnético, 4 166,67 V/m para la intensidad de campo eléctrico y 66,67 A/m para la intensidad de campo magnético, todos con una frecuencia de 60 Hz.

Cabe indicar que solo en el punto RNI-01 se detectó un valor mínimo de 8,365 μT para el parámetro de densidad de flujo magnético, dada su proximidad a una torre de telecomunicaciones (ver **Fotografía 4.1.33**). Asimismo, las estaciones RNI-02 y RNI-10 no registraron valores de densidad de flujo magnético pese a que se encuentran a 650 metros y 755 metros, respectivamente, de la línea de transmisión asociada a la Subestación Eléctrica Chiclayo Oeste. En cambio, para los demás puntos no se detectaron valores de este parámetro (0,000 μT), al encontrarse más alejados de dicha estructura (**Fotografía 4.1.34**).

Cuadro 4.1.44
Resultados de muestreo de radiaciones no ionizantes

Identificación	Fecha y hora	Resultados		
		Densidad de flujo magnético (µT)	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)
RNI-01	25/02/2020 16:30	8,365	5,501	0,003
RNI-02	25/02/2020 15:30	0,000	1,617	0,000
RNI-03	25/02/2020 16:00	0,000	0,374	0,000
RNI-04	26/02/2020 13:25	0,000	0,471	0,000
RNI-05	26/02/2020 11:45	0,000	0,375	0,000
RNI-06	26/02/2020 10:30	0,000	0,355	0,000
RNI-07	26/02/2020 10:55	0,000	0,382	0,000
RNI-08	26/02/2020 09:40	0,000	0,371	0,000
RNI-09	26/02/2020 13:00	0,000	0,301	0,000
RNI-10	26/02/2020 14:00	0,000	2,393	0,000
ECA D.S. N° 010-2005-PCM		83,333	4 166,67	66,67

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

4.1.14.4 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores registrados en las diez (10) estaciones consideradas se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, para los tres parámetros establecidos que contempla dicha normativa. Cabe indicar que, a pesar de la cercanía de la estación RNI-01 a una torre de telecomunicaciones y de las estaciones RNI-02 y RNI-10 a la línea de transmisión asociada a la Subestación Eléctrica Chiclayo Oeste, se registraron valores mínimos e inferiores al ECA correspondiente. Para el resto del área de estudio, los resultados fueron lógicos pues no se encontró infraestructura que genere campos magnéticos y pueda alterar los resultados de las mediciones.

4.1.15 Paisaje

Debido a la relevancia visual de diferentes tipos de infraestructura humana, se hace necesaria la evaluación de los atributos paisajísticos del área de estudio previamente a ser intervenida por un determinado proyecto.

El presente análisis se realiza en el contexto del EIASd del Proyecto Central Eólica Mórrope. Es importante indicar que la evaluación del componente paisajístico visual de las condiciones previas a la ejecución del proyecto, no implica necesariamente una futura

afectación del mismo, sino que corresponde a una herramienta válida para el análisis ambiental y la posterior gestión del proyecto.

Antes de la definición formal del paisaje, es importante resaltar que constituye una percepción netamente humana de la naturaleza acerca de un segmento geográfico que puede ser observado en determinado momento. Si bien es cierto que esta percepción es distinta para diferentes observadores y momentos, existen metodologías de evaluación que reducen la subjetividad de estas percepciones, al organizar o sistematizar los principales componentes del paisaje de tal modo que sirvan de base para una posterior integración y calificación de resultados.

De acuerdo con Canter (1998), el paisaje es la morfología del terreno y su cubierta, conformando una escena visualmente distante. Este último atributo es muy importante, pues para percibir en forma integral los diferentes componentes del paisaje, es necesario contar con un análisis sobre una imagen panorámica, de tal manera que se eviten sesgos por la cercanía entre el observador y el objeto. La cubierta del terreno comprende el agua, la vegetación y los distintos desarrollos antrópicos. Estas características son el resultado no solo de los agentes naturales, sino también de la ocupación del hombre y del uso del suelo. Según UNEP (1982), el paisaje también puede definirse como: *“la parte perceptible de la tierra definida por la relación e interacción entre diversos factores: suelo, relieve, agua, clima, flora, fauna y el hombre; combinación de aspectos naturales, culturales, históricos, funcionales y visuales. El paisaje puede ser considerado como el reflejo de la actitud de la comunidad con respecto a su medio natural y de la forma en que actúa sobre el mismo”*.

4.1.15.1 Metodología

La presente evaluación paisajística incluye el trabajo de campo y el análisis e interpretación de la información visual y cartográfica presentada desde el enfoque visual, cuya consideración corresponde al enfoque de la estética o de la percepción por donde se proyecta el emplazamiento de la infraestructura del proyecto.

Unidades de paisaje (área de estudio)

Los trabajos de campo se realizaron en los meses de febrero y marzo del año 2020, donde se determinaron, 5 unidades del paisaje, caracterizados por una muestra adecuada del paisaje local sobre la base de sus características físicas, biológicas y sociales. La realización de la evaluación en esta época es conservadora pues existe mayor luminosidad (verano), aunque dada la aridez de la zona, no se esperan diferencias significativas.

Como se desprende del nombre de los grupos, las principales diferencias asociadas al área en donde se desenvuelve el proyecto están relacionadas a la intervención de la escasa vegetación natural, presencia de rasgos característicos físicos o de intervención humana.

Para esta clasificación de unidades, se utilizó la información de línea base de los componentes naturales y actuación humana, así como la información cartográfica pertinente (e.g. mapas de: suelos, formaciones vegetales, geomorfológicas y geológicas), que

cubren el área de estudio. Asimismo, la evaluación estuvo apoyada por el análisis visual de imágenes satelitales de alta resolución (DigitalGlobe, GeoEye, U.S. Geological Survey), provistas por el servidor de libre acceso Google Earth Pro.

Con el propósito de reducir posibles alteraciones en la percepción del paisaje con respecto a las características visuales básicas del área de estudio, se consideró realizar las observaciones bajo condiciones de visibilidad adecuadas, y en lo posible similares; tomando en cuenta la posición y distancia del observador en relación al objeto observado, condiciones atmosféricas e iluminación. Sin embargo, es necesario resaltar, que la época en la que se realizó el levantamiento de información en campo, no necesariamente presenta condiciones regulares para obtener todas las fotografías de la misma calidad en términos de iluminación, por lo que fue especialmente importante, el registro de los detalles apreciados en campo directamente.

Finalmente, en el análisis correspondiente se fragmentó el área de estudio en unidades de paisaje en base a sus características morfológicas, vegetacionales y visuales relativamente homogéneas, así como las alteraciones por acciones antrópicas. De esta manera, se realizaron conjuntamente por cada unidad de paisaje los análisis de calidad visual, fragilidad visual y accesibilidad visual.

Desde estos puntos, cuya distribución de los mismos se observa en la **Figura 4.1.19** y las coordenadas se detallan en el **Cuadro 4.1.45**, se registraron fotografías panorámicas del paisaje. Estos puntos sirvieron para determinar las unidades del paisaje en los siguientes grupos:

- Paisaje de la zona antropizada
- Paisaje del semidesierto costero
- Paisaje del desierto costero
- Paisaje del matorral asociado a dunas
- Paisaje del litoral

Cuadro 4.1.45

Ubicación de puntos de observación para el análisis de unidades del paisaje

Punto	Coordenadas UTM (Datum WGS84)			Descripción	Unidad de paisaje
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)		
P-1	614277	9269006	17	Cruz de Medianía	Zona antropizada
P-2	612388	9268342	14	Campos de cultivo abandonados	
P-3	614756	9259371	10	Yéncala León	
P-4	610649	9267538		Matorrales ralos	Semidesierto
P-5	611169	9258328	5	Área con residuos sólidos	
P-6	607354	9265392	7	Hierbas ralas	Desierto
P-7	604971	9263753	2	Dunas alteradas sin vegetación	Desierto

Punto	Coordenadas UTM (Datum WGS84)			Descripción	Unidad de paisaje
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)		
P-8	605332	9266326	6	Arbustos y hierbas ralas sobre dunas	Matorral asociado a dunas
P-9	606329	9258912	0	Litoral marino y dunas paralelas	Litoral

Elaborado por INSIDEO.

Desde todos los puntos, se registraron fotografías panorámicas del paisaje utilizando una cámara fotográfica de alta definición.

Accesibilidad visual del paisaje

El análisis de accesibilidad visual se realizó mediante la evaluación de cuencas visuales desde puntos de interés. Estas cuencas visuales se definen como el área que es visible desde ese punto (Aguiló, 1981). De acuerdo con Canter (1998), una cuenca visual es el conjunto de todas las áreas superficiales que son visibles desde el punto de vista del observador. Se refiere particularmente a las áreas superficiales desde las que se ve un objeto o una ubicación especialmente crítica.

Con la finalidad de facilitar el proceso de análisis de las cuencas visuales, se utilizó el método automático de rayos empleando la extensión 3D Analyst del programa ArcGIS 10. El proceso de búsqueda se organizó por medio de rayos, que recorren desde el origen o punto de observación y barren el área de estudio. En cada rayo se marcaron los puntos visibles y para fines del estudio se seleccionaron puntos de interés (i.e. centros poblados y vías de acceso) en cada unidad de paisaje. i.e. centros poblados, y vías de acceso). En el área de estudio, se eligieron algunos de los puntos considerados en la evaluación de caracterización del paisaje, de acuerdo con los siguientes criterios (**Cuadro 4.1.46**).

Cuadro 4.1.46
Ubicación de puntos de evaluación de accesibilidad visual

Punto	Coordenadas UTM (Datum WGS84)			Descripción	Criterio
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)		
P-1	614277	9269006	17	Cruz de Mediana	Asentamiento humano ubicado al lado de la carretera, ubicado en el futuro acceso a la central
P-2	612388	9268342	14	Campos de cultivo abandonados	Área de ubicación de futura SE, línea de transmisión y camino de acceso
P-3	614756	9259371	10	Yéncala León	Sector cercano a la futura central eólica
P-4	610649	9267538		Matorrales ralos	Punto de paso hacia la playa
P-9	606329	9258912	0	Litoral marino y dunas paralelas	Lugar frecuentado por pescadores

Elaborado por INSIDEO.

Componentes del paisaje

Los componentes del paisaje tienen en algunos casos importancia individual por su especial singularidad o dominancia pero, en general, el carácter del paisaje viene dado por la composición o integración de todos sus componentes. De este modo, los componentes del paisaje pueden articularse en el espacio de diferentes formas, dando lugar a distintas configuraciones espaciales, que definen la estructura general del paisaje y, en estrecha relación, su funcionalidad. Para caracterizar el paisaje en el área de estudio, se describieron e integraron los siguientes componentes paisajísticos propuestos por Móniz y Schmidt (1996):

Componentes naturales: conformados por los elementos físicos y biológicos:

- **Físicos:** elementos y procesos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos de relevancia.
- **Bióticos:** elementos, procesos biológicos y ecológicos de dimensión paisajística, prestando atención especial a la dominancia de determinados estratos o la cobertura vegetal. Es importante mencionar que la fauna tiene escasa dimensión paisajística, salvo algunos componentes como grandes bandadas de aves, organismos modulares o animales de gran tamaño corporal que destaquen en el panorama. En el caso del área de estudio, únicamente es aplicable la presencia de bandadas de aves en el litoral y en algunos lugares de influencia antrópica bajo condiciones particulares.

Actuación humana: obras culturales que destacan visualmente en el paisaje, como centros poblados, infraestructura productiva, caminos u otras modificaciones del entorno de causa o influencia antrópica, como los usos y aprovechamiento del suelo.

Organización visual del espacio: evalúa y resume la interacción de los componentes naturales y actuación humana de modo que exprese el efecto visual de estas relaciones. Muchos paisajes, como es el caso de los existentes en el área evaluada, poseen signos de actividad humana histórica que en algunos casos inclusive ha generado la modificación de la cubierta del suelo, por lo que el paisaje original ha sido alterado. Las características visuales básicas son color, forma, línea, textura, escala o dimensiones y carácter espacial (Smardon, 1979).

Las relaciones entre las características visuales de los distintos componentes pueden describirse en términos de su contraste visual, dominancia visual e importancia relativa de las características visuales. Las características que dan origen a esta integración corresponden a las siguientes:

- **Color:** propiedad de reflejar la luz con una particular intensidad y longitud de onda.
- **Forma:** volumen o figura de un objeto o de varios objetos que aparecen unificados visualmente.

- **Línea:** camino real o imaginario que percibe el observador cuando existen fuertes contrastes entre los elementos visuales (color, forma o textura) o cuando los objetos se presentan en una secuencia unidireccional.
- **Textura:** manifestación visual de la relación entre luz y sombra, motivada por las variaciones existentes en la superficie de un objeto.
- **Dimensión y escala:** tamaño o extensión de un elemento integrante del paisaje.
- **Configuración espacial o espacio:** elemento visual complejo que engloba el conjunto de cualidades del paisaje determinadas por la organización tridimensional de los objetos y los espacios libres o vacíos de la escena.

Calidad visual del paisaje

Para realizar el análisis de la calidad visual del paisaje se empleó el método indirecto de valoración aplicado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), el Servicio Forestal y la Oficina de Manejo de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (Bureau of Land Management, BLM, por sus siglas en inglés). Este análisis consiste en la asignación de categorías de calidad visual basadas en la descripción o caracterización de los componentes paisajísticos, compuestos por los siguientes elementos:

- **Morfología:** valora la diversidad de relieves y los contrastes existentes. En este criterio también se evalúan los contrastes existentes en la textura del terreno.
- **Vegetación:** valora la diversidad de formaciones vegetales y los contrastes existentes.
- **Agua:** valora la presencia y dominancia del agua en el entorno.
- **Color:** valora la diversidad de coloraciones y los contrastes existentes.
- **Fondo escénico:** valora la influencia de paisajes adyacentes sobre el escenario evaluado.
- **Rareza:** valora el grado de exclusividad del paisaje.
- **Actuación humana:** valora el grado de afectación del paisaje como consecuencia de actividades humanas.

A cada uno de estos elementos se les asigna una puntuación establecida de acuerdo con los criterios presentados en el **Cuadro 4.1.47**.

Cuadro 4.1.47
Criterios de evaluación de la calidad visual del paisaje (BLM)

Elementos		Criterios de evaluación		
Relieve	Criterio	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas). Relieve de gran variedad superficial o muy erosionado. Presencia de un rasgo muy singular y dominante	Formas erosivas singulares. Relieve variado. Presencia de características singulares, pero no exclusivas, dominantes o excepcionales	Cerros de pendiente suave, fondo de valle plano, pocos o ningún detalle singular

Elementos	Criterios de evaluación			
	Puntuación	5	3	1
Formaciones vegetales	Criterio	Gran diversidad de tipos de vegetación, con formas, textura y distribución particular	Diversidad de formaciones vegetales, pero solamente uno o dos tipos	Poca o ninguna diversidad o contraste en las formaciones vegetales
	Puntuación	5	3	1
Presencia de agua	Criterio	Elemento dominante en el paisaje. Agua visualmente limpia, clara o presencia de aguas blancas (cascadas, rápidos). Espejos de agua	Presencia de agua lótica o léntica pero no dominante en el paisaje	Ausente o no conspicua
	Puntuación	5	3	0
Color	Criterio	Mezclas de coloración de contrastes agradables a la vista	Alguna variedad de colores con alguna intensidad, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste. Presencia de colores apagados
	Puntuación	5	3	1
Fondo escénico	Criterio	El paisaje de los alrededores potencia mucho la calidad visual del conjunto	El paisaje de los alrededores potencia moderadamente la calidad visual del conjunto	El paisaje de los alrededores no influencia la calidad visual del conjunto
	Puntuación	5	3	0
Rareza	Criterio	Paisaje único, inusual o muy raro en la región. Posibilidad de contemplar fauna y formaciones vegetales excepcionales	Singular, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	Puntuación	6	2	1
Actuaciones humanas	Criterio	Sin actuaciones humanas no deseadas (visualmente hablando). Modificaciones humanas que inciden favorablemente en la calidad visual	Calidad escénica afectada por modificaciones poco armoniosas (parcialmente). Modificaciones que no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas que reducen significativamente la calidad escénica
	Puntuación	2	0	-

Fuente: Servicio Forestal y la Oficina de Manejo de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica
Elaborado por: INSIDEO

Luego de asignar esta puntuación por elemento se realiza la suma total y se establece la siguiente clasificación en función de los resultados:

- **Clase A:** el paisaje es de calidad alta; áreas con rasgos singulares y sobresalientes (de 19 a 33 puntos).
- **Clase B:** el paisaje es de calidad media; áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color, línea y textura, pero que resultan comunes en la región estudiada, y no excepcionales (de 12 a 18 puntos).
- **Clase C:** el paisaje es de calidad baja; áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura (de 0 a 11 puntos).

Fragilidad visual del paisaje

El análisis de fragilidad visual se determinó indirectamente mediante la metodología para la evaluación de la capacidad de absorción visual (CAV) propuesta por Yeomans (1986). La CAV está definida como la capacidad del paisaje para acoger actividades sin que se produzcan variaciones en su carácter visual. Su valoración se realiza a través de factores biofísicos similares a los considerados para determinar la calidad de las unidades de paisaje. Estos factores se integran en la siguiente fórmula:

$$CAV = S \times (E + R + D + C + V + FA)$$

Donde:

- **CAV:** capacidad de absorción visual.
- **S:** pendiente.
- **E:** erosionabilidad.
- **R:** capacidad de regeneración de la vegetación.
- **D:** diversidad de la vegetación.
- **C:** contraste de color suelo – roca.
- **V:** contraste suelo – vegetación.
- **FA:** factor de antropización.

La fórmula de Yeomans está definida para áreas naturales, motivo por el cual no considera el componente cultural. De acuerdo con otros estudios, se ha introducido un nuevo factor denominado FA (factor de antropización), de modo que se representen mejor las zonas urbanas o con influencia antrópica. Los valores asignados a los distintos parámetros se muestran en el **Cuadro 4.1.48**.

Cuadro 4.1.48
Valores de la Capacidad de absorción visual (CAV)

Factor	Símbolo	Características	Valores de CAV	
			Nominal	Numérico
Pendiente	S	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
		Inclinado suave (25-55% pendiente).	Moderado	2
		Poco inclinado (0-25% pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación	D	Sin vegetación o monoespecífica	Bajo	1
		Mediana diversidad, repoblaciones	Moderado	2
		Diversificada e interesante	Alto	3
Erosionabilidad	E	Restricción alta derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
		Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
		Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3

Factor	Símbolo	Características	Valores de CAV	
			Nominal	Numérico
Contraste suelo - vegetación	V	Contraste visual alto entre suelo y vegetación	Bajo	1
		Contraste visual moderado entre suelo y la vegetación	Moderado	2
		Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación adyacente	Alto	3
Regeneración potencial de la vegetación	R	Potencial de regeneración bajo	Bajo	1
		Potencial de regeneración moderado	Moderado	2
		Regeneración alta	Alto	3
Contraste de color suelo - roca	C	Contraste alto	Bajo	1
		Contraste moderado	Moderado	2
		Contraste bajo	Alto	3
Factor de antropización	FA	Casi imperceptible	Bajo	1
		Presencia antrópica moderada	Moderado	2
		Presencia antrópica elevada	Alto	3

Fuente: Yeomans, 1986.

Luego de la asignación de valores a las unidades de paisaje se procede a su clasificación de acuerdo con el valor calculado de la suma de los distintos parámetros. La clasificación resultante es la siguiente:

- **Clase I:** el paisaje es MUY FRÁGIL, áreas de elevada pendiente y difícilmente regenerables (CAV de 5 a 15).
- **Clase II:** el paisaje es de FRAGILIDAD MEDIA, áreas con capacidad de regeneración potencial media (CAV de 16 a 29).
- **Clase III:** el paisaje es POCO FRÁGIL, áreas con perfiles con gran capacidad de regeneración (CAV de 30 a 45).

4.1.15.2 Resultados

Unidades de paisaje y organización visual

Zona antropizada

En el **Cuadro 4.1.49** se presentan las características visuales de esta unidad de paisaje. Para el análisis, se ha considerado la información recabada en los puntos P-1, P-2 y P-3. En la **Fotografía 4.1.35** a **Fotografía 4.1.37** se presentan imágenes de esta unidad.

Cuadro 4.1.49
Organización visual de la "Zona antropizada"

Características	Descripción
Color	La zona presenta cobertura vegetal silvestre rala inducida por el riego, la cual tiene una coloración verdosa/parda todo el año debido al poco vigor y estrés hídrico. Existen grandes parches de suelo expuesto de coloración parda amarillenta que denotan aridez. Los campos de cultivo son también de escaso vigor debido a la escasez de agua y muchos de ellos aparecen abandonados con procesos de arenamiento. Las viviendas no ofrecen coloración contrastante puesto que son de matices claros y en algunos casos, cuando están elaboradas con adobe tampoco se diferencian del sustrato. La carretera Panamericana Norte aparece como una continuidad de coloración grisácea que de alguna manera genera algo de contraste. Los elementos de mayor contraste de coloración, en comparación con el entorno, son las nubes y el cielo azul, ya que presentan tonalidades frías.
Forma	Percepción principalmente bidimensional del terreno debido a que todo el paisaje se asienta sobre una llanura. No se perciben elevaciones (colinas o montañas) que le confieran al conjunto una percepción tridimensional. En los lugares en donde hay algunos árboles, existe algo de contraste de formas por la variedad de ejes, pero este efecto es limitado, dado el bajo porte de las plantas. Algunas estructuras como antenas, postes y torres de alta tensión generan también algo de contraste pero que rápidamente se pierde a la distancia debido a que no son estructuras masivas.
Línea	Existen líneas de borde definido entre la carretera Panamericana Norte y el suelo desnudo, entre las viviendas y dosel arbóreo bajo con el cielo. Existen líneas más difusas entre las viviendas y el suelo desnudo, caminos sin asfaltar y el sustrato y drenes secos, linderos entre campos de cultivo y surcos.
Textura	La textura es de grano grueso a medio en los lugares con viviendas y vegetación arbórea algo dispersa y de grano medio en los lugares con presencia de cultivos debido a la existencia de estructuras abandonadas y restos de cultivos secos. El sustrato de los caminos le confiere algún contraste a la textura debido a que es de grano fino. No existen componentes físicos o geoformas del terreno que otorguen al área un grano grueso.
Dimensión y escala	Existe infraestructura humana relevante que genera idea de escala; como por ejemplo viviendas, antena de telecomunicaciones, torres de alta tensión, carretera Panamericana y caminos de acceso.
Configuración espacial	Paisaje abierto, sin cadenas montañosas, estructuras humanas altas y masivas o dosel arbóreo alto que encajone el panorama.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por INSIDEO.

Fotografía 4.1.35

Punto de observación N°01 (P-1) – Asentamiento Humano Cruz de Medianía, Zona antropizada



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.36

Punto de observación N°02 (P-2) – Campos de cultivo abandonados, Zona antropizada



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.37

Punto de observación N°03 (P-3) – Sector Yéncala León, Zona antropizada



Fuente: INSIDEO, 2020.

Semidesierto

En el Cuadro 4.1.50 se presentan las características visuales de esta unidad de paisaje. Para el análisis, se ha considerado la información recabada en los puntos P-4 y P-5. En la **Fotografía 4.1.38** y **Fotografía 4.1.39** se presentan imágenes de esta unidad.

Cuadro 4.1.50

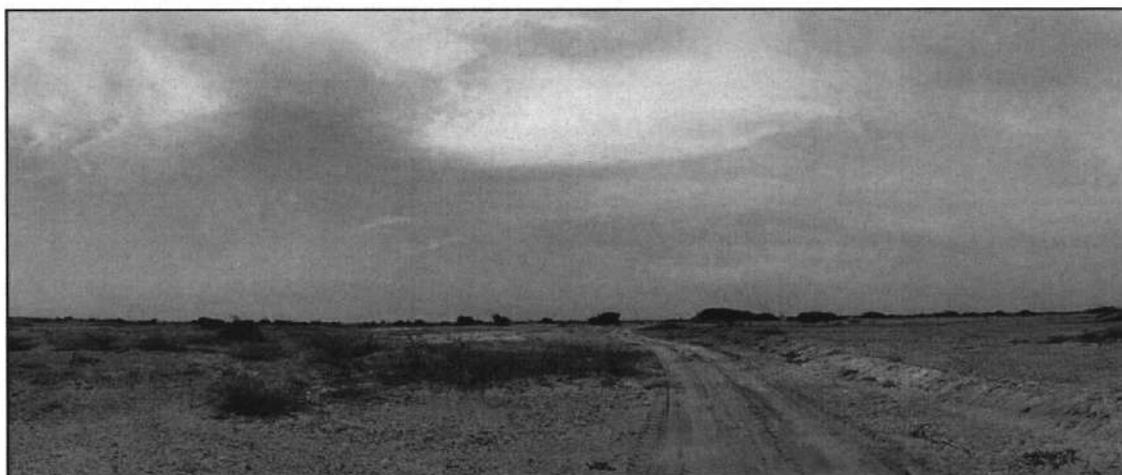
Organización visual del “Semidesierto”

Características	Descripción
Color	La zona presenta cobertura vegetal silvestre rala que en algunos casos (bordes con la zona antropizada) puede ser inducida por el riego, la cual tiene una coloración verdosa/parda todo el año debido al poco vigor y estrés hídrico. El sustrato matriz del semidesierto está conformado por suelos desnudos pardo amarillentos claros que le otorgan dominancia al conjunto pues los arbustos y pequeños árboles son escasos. Los elementos de mayor contraste de coloración, en comparación con el entorno, son el sustrato y las nubes/cielo, pues este es despejado gran parte del año. En el sector sur del área de estudio hay un área influenciada por residuos sólidos que son arrastrados por el viento desde una zona de acopio cercana y generan contraste con el sustrato, percibiéndose como un cambio negativo del entorno por causas antrópicas.
Forma	Percepción principalmente bidimensional del terreno debido a que todo el paisaje se asienta sobre una llanura. No se perciben elevaciones (colinas o montañas) que le confieran al conjunto una percepción tridimensional. En

Características	Descripción
	los lugares en donde hay algunos árboles/matorrales, existe algo de contraste de formas por la variedad de ejes, pero este efecto es limitado, dado el bajo porte de las plantas.
Línea	Existen líneas de borde definido entre el sustrato desnudo/vegetación/cielo, pero el resto de líneas son difusas, como la formada por las trochas o huellas de incursiones de vehículos. Las líneas entre el sustrato y vegetación también son difusas porque no son continuas y la vegetación es xerofítica con poco vigor o verdor.
Textura	La textura es de grano medio en los lugares en donde existe alguna acumulación de arbustos o pequeños árboles ralos pero la textura predominante es fina debido a la ausencia de rocas de tamaño significativo a lo largo del panorama. El sustrato desnudo está compuesto por clastos muy similares, por lo que todo se percibe como una textura fina monótona.
Dimensión y escala	No existe infraestructura humana relevante que genere idea de escala, salvo trochas o huellas de vehículos, pero son de escasa relevancia. De esta manera, el cálculo de distancias y proporciones se hace dificultosa para un observador.
Configuración espacial	Paisaje abierto, sin cadenas montañosas, estructuras humanas o dosel arbóreo alto que encajone el panorama.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por INSIDEO.

Fotografía 4.1.38
Punto de observación N°04 (P-4) – Semidesierto



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.39**Punto de observación N°05 (P-5) – Semidesierto afectado por arrastre de residuos sólidos**

Fuente: INSIDEO, 2020.

Desierto

En el **Cuadro 4.1.51** se presentan las características visuales de esta unidad de paisaje. Para el análisis, se ha considerado la información recabada en los puntos P-6 y P-7. En la **Fotografía 4.1.40** y **Fotografía 4.1.41** se presentan imágenes de esta unidad.

Cuadro 4.1.51
Organización visual del “Desierto”

Características	Descripción
Color	La zona presenta cobertura vegetal silvestre casi inexistente o muy rala y postrada con muy poco aporte de coloración al entorno. La “verdolaga” posee una coloración rojiza que en ciertos parches genera algo de contraste con el sustrato. El sustrato matriz del desierto está conformado por suelos desnudos pardos que le otorgan dominancia al conjunto. Existen lugares con tonos más oscuros debido a la humedad causada por intrusiones marinas. Los elementos de mayor contraste de coloración, en comparación con el entorno, son el sustrato y las nubes/cielo, pues este es despejado gran parte del año.
Forma	Percepción eminentemente bidimensional del terreno debido a que todo el paisaje se asienta sobre una llanura. No se perciben elevaciones (colinas o montañas) que le confieran al conjunto una percepción tridimensional.
Línea	Existen líneas de borde definido entre el sustrato desnudo/cielo, pero el resto de líneas son difusas, como la formada por las trochas o huellas de incursiones de vehículos. Las líneas entre el sustrato y la casi inexistente vegetación también son difusas porque no son continuas y la vegetación es muy poco conspicua con poco vigor o verdor.
Textura	La textura es de grano medio en los lugares en donde existe alguna acumulación de arena o dunas del tipo “barján”, pero la textura predominante es fina debido a la ausencia de rocas de tamaño significativo a lo largo del panorama o árboles y arbustos. El sustrato desnudo está compuesto por clastos muy similares, por lo que todo se percibe como una textura fina monótona.

Características	Descripción
Dimensión y escala	No existe infraestructura humana relevante que genere idea de escala, salvo trochas o huellas de vehículos, pero son de escasa relevancia. De esta manera, el cálculo de distancias y proporciones se hace dificultosa para un observador. Existen torres de medición meteorológica, pero dado que son estructuras delgadas y no se conocen de antemano sus dimensiones, no aportan referencias de tamaño relativo de los objetos.
Configuración espacial	Paisaje abierto, sin cadenas montañosas, estructuras humanas o dosel arbóreo alto que encajone el panorama.

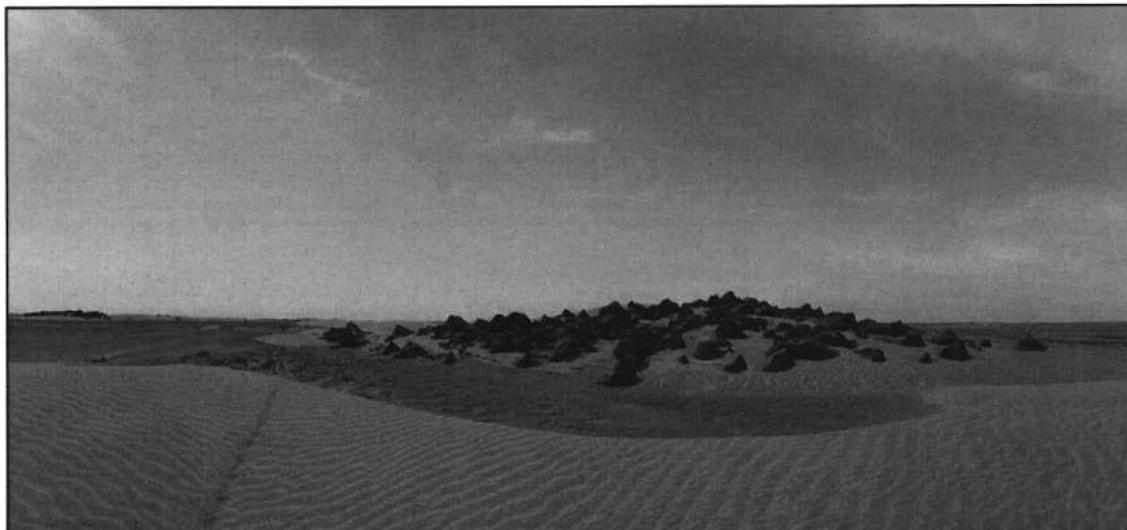
Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por INSIDEO.

Fotografía 4.1.40
Punto de observación N°06 (P-6) – Desierto



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.41
Punto de observación N°07 (P-7) – Desierto



Fuente: INSIDEO, 2020.

Matorral asociado a dunas

En el Cuadro 4.1.52 se presentan las características visuales de esta unidad de paisaje. Para el análisis, se ha considerado la información recabada en el punto P-8. En la **Fotografía 4.1.42** se presenta una imagen de esta unidad.

Cuadro 4.1.52
Organización visual del “matorral asociado a dunas”

Características	Descripción
Color	La zona presenta cobertura vegetal silvestre rala compuesta por hierbas y arbustos que fijan dunas eólicas. Esta vegetación posee una coloración verde perenne pues está asociada también a intrusiones marinas a pesar de la aridez. El sustrato matriz de los matorrales está conformado por suelos desnudos pardo amarillentos claros que le otorgan dominancia al conjunto aun cuando la cubierta vegetal es mayor en comparación con el resto de las formaciones vegetales del área de estudio. Los elementos de mayor contraste de coloración, en comparación con el entorno, son el sustrato y las nubes/cielo, pues este es despejado gran parte del año y el contraste verdor de la vegetación/suelo desnudo.
Forma	Percepción principalmente bidimensional del terreno debido a que todo el paisaje se asienta sobre una llanura. La altura de las dunas no es la suficiente como para conferirle al conjunto una percepción tridimensional. En los lugares en donde se asientan los matorrales, existe algo de contraste de formas por la variedad de ejes, pero este efecto es limitado, dado el bajo porte de las plantas.
Línea	Existen líneas de borde definido entre el sustrato desnudo/vegetación/cielo, pero el resto de líneas son difusas, como la formada por las trochas o huellas de incursiones de vehículos. Las líneas entre el sustrato y vegetación son más definidas que en el resto de las formaciones vegetales del área de estudio.
Textura	La textura es de grano grueso debido a la presencia de las dunas fijadas por la vegetación que le confieren singularidad al conjunto.
Dimensión y escala	No existe infraestructura humana relevante que genere idea de escala, salvo trochas o huellas de vehículos, pero son de escasa relevancia. De esta manera, el cálculo de distancias y proporciones se hace dificultosa para un observador.
Configuración espacial	Paisaje abierto, sin cadenas montañosas, estructuras humanas o dosel arbóreo alto que encajone el panorama.

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por INSIDEO.

Fotografía 4.1.42**Punto de observación N°08 (P-8) – Matorral asociado a dunas**

Fuente: INSIDEO, 2020.

Litoral

En el **Cuadro 4.1.53** se presentan las características visuales de esta unidad de paisaje. Para el análisis, se ha considerado la información recabada en el punto P-9. En la **Fotografía 4.1.43** y **Fotografía 4.1.44** se presentan imágenes de esta unidad.

Cuadro 4.1.53
Organización visual del “Litoral”

Características	Descripción
Color	La zona de playa propiamente dicha no presenta cobertura vegetal por lo que la coloración es la de la arena, es decir de tonos pardos claros. Entre la playa y el desierto existen unas elevaciones conocidas como dunas litorales, que son acumulaciones de arena que se forman por dinámicas tanto marinas como eólicas. En este sector existe alguna cobertura herbácea representada por la “verdolaga” que posee una coloración rojiza y por “batis” de coloración verde claro. Estas plantas, si bien son ralas, generan algo de contraste con el sustrato. La coloración del océano es dominante en el paisaje debido a la accesibilidad. El mar en este sector posee tonalidades azul verdosas y grisáceas dependiendo de la nubosidad. Los elementos de mayor contraste de coloración, en comparación con el entorno, son la playa/océano y en menor grado el cielo/océano.
Forma	Percepción eminentemente bidimensional del terreno debido a que la playa es abierta, lineal, no existen acantilados ni islas y no hay infraestructura humana que contraste (muelles, plataformas, etc.).
Línea	Existen líneas de borde definido entre el océano/arena y océano/cielo. El oleaje también genera diversas líneas dinámicas pues se trata de una playa abierta. Existen algunas líneas difusas formadas por la vegetación y el sustrato pero no son muy claras pues esta se encuentra diseminada en el sustrato arenoso de manera discontinua.

Características	Descripción
Textura	La textura es de grano fino a lo largo del panorama, tanto para el océano como para la playa, sin embargo existen algunas formaciones asociadas al cordón de dunas litorales que presentan algunas sinuosidades que le confieren parcialmente a las vistas desde el mar, un grano medio en algunos lugares.
Dimensión y escala	No existe infraestructura humana relevante que genere idea de escala. La actividad pesquera es evidente solo por la presencia de vehículos de doble tracción y algunas embarcaciones precarias, no existiendo infraestructura de embarque y desembarque de ningún tipo.
Configuración espacial	Paisaje abierto hacia el océano, sin cadenas montañosas, estructuras humanas o dosel arbóreo alto que encajone el panorama. La vista hacia el continente está parcialmente limitada por la presencia de las dunas litorales que obstruyen la visión, pues no hay mayores elevaciones detrás.

Fuente: INSIDEO, 2019.
Elaborado por INSIDEO.

Fotografía 4.1.43

Punto de observación N°09 (P-9) – Litoral



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.44

Punto de observación N°09 (P-9) – Litoral



Fuente: INSIDEO, 2020.

Accesibilidad visual del paisaje

Tal y como fue presentado en la sección metodológica, el análisis de accesibilidad visual fue realizado desde puntos de interés (potenciales receptores) asociados a la presencia

permanente de viviendas, vías de acceso y lugares que representen algún interés en perspectiva con el futuro desarrollo del proyecto.

En la **Figura 4.1.20** se presentan las cuencas visuales desde estos puntos de interés, las cuales han sido individualizadas con diferentes colores. Los resultados del análisis muestran lo siguiente:

- Desde el Punto P-1, el cual corresponde al Asentamiento Humano Cruz de Medianía, existe accesibilidad visual topográfica a una buena porción del territorio, sin embargo de acuerdo con el análisis fotográfico, existen barreras entre el sector y el área de emplazamiento de los futuros aerogeneradores, conformadas por las mismas viviendas y los árboles que rodean los campos de cultivo. Asimismo, dado que la topografía es eminentemente plana, existe dificultad para percibir los terrenos ubicados hacia el suroeste, pues se encuentran en elevaciones similares. Desde algunos puntos asociados a la carretera en donde no hay cubierta arbórea ni viviendas fuera del A.H. es posible divisar sectores varios kilómetros hacia el oeste, pero como el observador se encuentra al mismo nivel altitudinal que los objetos observados, la visión corresponde a una menor porción del terreno, sin percibirse detalles y confundiéndose con el horizonte.
- Desde el punto P-2 existe accesibilidad visual al área de emplazamiento de los futuros componentes transmisión asociados al proyecto, mientras que el área de la central propiamente dicha se encuentra muy alejada. La presencia de algunos árboles bloquea parcialmente la vista hacia el suroeste y de forma similar al caso anterior, la falta de diferencias altitudinales y rasgos geomorfológicos relevantes, hacen que no se distingan porciones del territorio, inclusive no llegándose a divisar el mar aún.
- Desde el punto P-3 existe accesibilidad visual hacia el área del futuro emplazamiento de aerogeneradores, con ligeros obstáculos visuales como la presencia de viviendas, árboles bajos y ondulaciones del terreno.
- Desde el punto P-4 existe accesibilidad visual total hacia el área del emplazamiento de los futuros aerogeneradores pues no hay barreras visuales.
- Desde el punto P-9 hay accesibilidad visual hacia el mismo litoral, pero existen ciertos obstáculos parciales por la misma formación de dunas litorales. Sin embargo, superado este obstáculo, existe accesibilidad visual total al área de emplazamiento de los aerogeneradores.

Calidad visual

En el Cuadro 4.1.54 se presenta el resumen de la evaluación de la calidad visual de las unidades de paisaje descritas previamente.

Cuadro 4.1.54
Calidad visual del paisaje

Unidad del paisaje	Morfología	Vegetación	Agua	Color	Fondo escénico	Rareza	Actuación humana	Total
Zona antropizada	1	3	0	3	0	2	0	9
Semidesierto	1	1	0	1	0	2	0	5
Desierto	1	1	0	1	0	2	2	7
Matorral asociado a dunas	1	1	0	3	0	2	2	9
Litoral	1	1	5	3	0	2	2	14

Elaborado por INSIDEO.

Los resultados muestran que casi todas las unidades de paisaje presentan una calidad visual baja debido principalmente a la falta de rasgos geomorfológicos que generen contrastes en planos horizontales y verticales (ausencia de colinas o montañas), pobre vegetación, la cual carece de vigor y genera poco contraste y nula relevancia del agua, la cual es completamente ausente. Asimismo, no se percibe ningún rasgo o geoforma en el fondo escénico que potencie la calidad visual al ser la zona eminentemente plana. Si bien es cierto, existen algunos rasgos algo singulares, existen los mismos en otras locaciones de la región. Finalmente, la actuación humana ha generado, en algunos casos, actuaciones que restan calidad al conjunto, como por ejemplo presencia de residuos sólidos que son arrastrados por el viento hacia el área de estudio.

En el caso del paisaje del "litoral", se registró una calidad media, debido principalmente a la presencia dominante del agua, pues no hay obstáculos visuales (viviendas, muelles u otra infraestructura) que limiten el acceso. Asimismo, existen contraste de color a diferencia de la zona desértica y aunque se denota actuación humana (presencia de residuos), no llega a ser tan crítica como en otros sectores para que deprima la calidad del paisaje.

Fragilidad visual de las unidades de paisaje

En el Cuadro 4.1.55 se presentan los resultados de la capacidad de absorción visual del paisaje para el área de estudio.

Cuadro 4.1.55
Capacidad de absorción visual de las unidades de paisaje analizadas

Unidad del paisaje	Pendiente	Erosionabilidad del suelo	Regeneración potencial de vegetación	Diversidad de la vegetación	Contraste suelo/roca	Contraste suelo/vegetación	Factor de antropización	Fragilidad visual del paisaje
Zona antropizada	3	2	2	2	3	3	3	45
Semidesierto	3	2	2	1	3	3	2	39

Unidad del paisaje	Pendiente	Erosionabilidad del suelo	Regeneración potencial de vegetación	Diversidad de la vegetación	Contraste suelo/roca	Contraste suelo/vegetación	Factor de antropización	Fragilidad visual del paisaje
Desierto	3	2	2	1	3	3	1	36
Matorral asociado a dunas	3	2	2	1	3	3	1	36
Litoral	3	2	2	1	3	3	1	36

Elaborado por INSIDEO.

De acuerdo con los resultados, todas las unidades evaluadas son poco frágiles al tener una elevada capacidad de absorción visual. El elemento más importante e influyente es la pendiente, pues al ser una topografía eminentemente plana, posibilita que no existan geoformas susceptibles de cambio paisajístico. Asimismo, aun cuando se ha registrado la presencia de factores erosivos como el modelamiento producido por el viento sobre suelos arenosos, el efecto es moderado y estabilizado por la escasa vegetación, hecho que destaca en las dunas del litoral y las asociadas al matorral, a diferencia de las dunas barján ubicadas hacia el centro del área de estudio, que no presentan cubierta vegetal significativa y no poseen ese afianzamiento.

4.2 Medio biológico

4.2.1 Ecosistemas terrestres

4.2.1.1 Ecorregiones y zonas de vida

Las ecorregiones corresponden a áreas geográficas que se caracterizan por contar con condiciones climáticas de suelo, hidrológicas, florísticas y faunísticas similares, en estrecha interdependencia, perfectamente delimitables y distinguibles unas de las otras (Brack-Egg, 2004). Asimismo, las zonas de vida corresponden a áreas delimitadas en base a la relación de factores climáticos (biotemperatura, precipitación y humedad ambiental) y bióticos (vegetación), considerando, al mismo tiempo, las manifestaciones culturales, sociales y económicas del hombre (INRENA, 1995). En ese sentido, tanto las ecorregiones como las zonas de vida representan las condiciones potenciales climax o máximas de las tierras que configuran el medio geográfico de un territorio en base a factores físicos y biológicos.

Tomando en cuenta lo anterior, a continuación, se describen las ecorregiones y zonas de vida correspondientes al área de estudio del proyecto, especificando los criterios de altitud, clima, relieve, fauna o flora que históricamente definen y delimitan dichas zonas. Esta descripción textual corresponde al panorama general del tipo de ecosistemas en donde se desenvuelve el área estudiada, lo cual permite tener una idea general de las potencialidades de esta, siendo estas posteriormente confirmadas o discutidas (en el caso existiesen conflictos) en las secciones correspondientes al análisis de la información recopilada en campo (flora, vegetación, fauna, entre otros aspectos).

Es importante mencionar que los datos puntuales y actuales de los componentes físicos y biológicos del área de estudio se presentan en la descripción de los resultados de línea base ambiental del presente documento, mas no en la descripción de las ecorregiones y zonas de vida considerando que, tal como se mencionó inicialmente, estas representan el estado potencial de un medio geográfico, y no el actual o real.

Ecorregiones

Según la clasificación de Brack (Brack & Mendiola, 2000), el área de estudio biológico se encuentra dentro de la ecorregión de "Desierto Costero Tropical" (Figura 4.2.1).

Desierto Costero Tropical

Esta ecorregión se extiende a lo largo de la costa del Perú y el norte de Chile, desde el grado 6° hasta el 22° de latitud sur, y está caracterizada por un relieve formado por desiertos, dunas, planicies y cerros y colinas.

El clima es semicálido seco, con una temperatura media anual de 18 a 19 °C y con temperaturas de 13 °C en zonas de neblina. Asimismo, presenta precipitaciones inferiores a 150 mm anuales, con una humedad relativa superior a 60%, llegando al 100% en invierno. En cuanto a los suelos, estos son principalmente arenosos con zonas pedregosas y salobres; sin embargo, en los valles existen suelos aluviales que son aprovechados para la agricultura.

Con respecto a la flora, las especies de arbustos y hierbas son las predominantes. Teniendo como formaciones vegetales más importantes a los gramadales, tilansiales, lomas, así como especies acuáticas como totorales y juncales. Además, se desarrollan numerosos cultivos de gran importancia económica para el Perú (espárrago, aceituna, frijol, palta, mango, uva, lúcuma y otros).

Zonas de vida

Las zonas de vida del área de estudio fueron determinadas utilizando el Mapa Ecológico del Perú y la Guía Descriptiva del mismo (ONERN, 1976; INRENA, 1995), basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge (1947). La delimitación de las zonas de vida se basa en la relación de factores climáticos (biotemperatura, precipitación y humedad ambiental) y bióticos (vegetación), obteniendo como resultado el uso potencial máximo de las tierras que configuran un medio geográfico, en relación con las manifestaciones culturales, sociales y económicas del hombre en dicho lugar (INRENA, 1995).

En este sentido, de acuerdo con la metodología de Holdridge, para la delimitación de una zona de vida se encuentra el punto en donde se interceptan las líneas de biotemperatura y precipitación, el cual señala la pertenencia a un determinado hexágono. Dicho hexágono corresponde al nombre de la vegetación primaria que existe o que debería existir si el medio no hubiese sido alterado, de modo que el nombre de dicha zona de vida se refiere a la

vegetación natural climax que hay o que podría haber en tal lugar. La clasificación de zonas de vida, por lo tanto, no constituye necesariamente una apreciación de las formaciones vegetales reales existentes en el área, para lo cual se realiza un levantamiento de las formaciones vegetales *in situ*.

Tomando en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores, a continuación se presenta una descripción de la única zona de vida del área de estudio (**Cuadro 4.2.1** y **Figura 4.2.2**), especificando los criterios de altitud, clima, relieve, fauna o flora que históricamente las definen y delimitan.

Cuadro 4.2.1
Zonas de vida del área de estudio

Zona de vida	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Desierto desecado Premontano Tropical	dd-PT	12 413,45	99,73
Total		12 447,42	100,00

Nota: la zona de vida no llega exactamente hasta el litoral, como sí lo hace el área de estudio, razón por la cual dicha zona de vida no recubre el 100% del área de estudio.

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Desierto desecado Premontano Tropical (dd-PT)

Esta zona de vida se extiende como una franja angosta que recorre paralelamente al litoral, desde el nivel del mar hasta los 500 msnm. El terreno se caracteriza por contar con planicies y ondulaciones cubiertas de arena, a excepción de las áreas con actividad agrícola donde los terrenos son completamente planos. Asimismo, se incluye en determinado sector algunas colinas bajas, que emergen sobre las amplias planicies.

Presenta un clima desértico, con una temperatura media anual entre 21 °C y 23 °C, y una precipitación pluvial total anual inferior a 30 mm. El promedio de la Relación de Evapotranspiración Potencial total por año, según el Diagrama Bioclimático de Holdridge, varía entre 32 y 64, es decir, existe un gran déficit de humedad en el suelo, correspondiéndole la provincia de humedad desecado.

La vegetación natural es desde nula en algunos sectores, rala en otros donde se observa esporádicamente pequeñas manchas verdes a base de especies halófilas en el extenso paisaje regosólico (arenal), y en otros sectores se observa algunas dunas con vegetación arbustiva propia de la zona como es el sapote de porte rastrero.

Debido a la escasa o casi nula precipitación pluvial y a las características edáficas regosólicas, es difícil realizar actividad agropecuaria en áreas no influenciadas por los ríos. Sin embargo, en los fondos de valle, las condiciones edáficas y la disponibilidad de agua para riego permiten el desarrollo de la actividad agrícola en gran escala en base a caña de azúcar, arroz y cultivos de pan llevar. Potencialmente, en una buena parte de las tierras actualmente eriazas, es posible llevar a cabo una agricultura o ganadería intensiva de carácter permanente y económicamente rentable siempre que se disponga agua para regar.

4.2.1.2 Áreas reconocidas nacional o internacionalmente por su valor biológico

El área de estudio no engloba ningún sitio Ramsar, ninguna Área de Importancia para Aves (IBA, por sus siglas en inglés), ni ninguna zona de la Alianza para la Extinción Cero (AZE, por sus siglas en inglés). Es importante precisar que el sitio Ramsar más cercano son los Manglares de San Pedro de Vice, a unos 150 km al norte. Del mismo modo, la IBA más cercana es el Santuario Histórico Bosque de Pómac, ubicado a unos 20 km al este. Además, con respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las más cercanas son el Bosque de Pómac ya mencionado como IBA y el Área de Conservación Privada (ACP) Chaparrí, la cual está a 50 km, aproximadamente, hacia el sureste.

Asimismo, en cuanto la Alianza para la Extinción Cero, esta fue establecida para designar y conservar efectivamente los más importantes sitios para la conservación global de la biodiversidad. Esto se debe a que más de 1 500 de las especies más amenazadas de la Tierra están restringidas a un solo sitio, lo que hace que estos sitios sean insustituibles a nivel mundial desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad. Los miembros de la AZE han identificado 942 de estos sitios, que son las áreas donde se encuentran las últimas poblaciones de una o más especies evaluadas como En Peligro (EN) o En Peligro Crítico (CR) en la Lista Roja de la UICN. Estas ubicaciones deben conservarse de manera efectiva para evitar la pérdida de las especies del mundo en mayor riesgo de extinción, a través de la planificación de áreas protegidas u otras estrategias de conservación efectivas. En ese sentido, el área de estudio tampoco engloba un sitio AZE, siendo el más cercano el Parque Nacional de Cutervo, a 130 km al este, aproximadamente.

Finalmente, en el caso de las Áreas de Endemismo de Aves (EBA, por sus siglas en inglés), el área de estudio se encuentra dentro de la EBA "Región Tumbesina". Esta comprende un área de 130 000 km² que se extiende en la costa del Pacífico, desde Ecuador hasta Huacho, en el departamento de Lima. Es importante recalcar que no se considera que su traslape implique mayor relevancia, debido a la gran extensión de esta EBA. En la **Figura 4.2.3** se presenta el área de estudio y su distancia a los sitios y áreas mencionados.

4.2.1.3 Flora y vegetación

Metodología de evaluación

Para la recopilación de información de la flora y vegetación del área de estudio, se llevó a cabo una evaluación entre el 25 de febrero y el 10 de marzo de 2020 (época de verano) y entre el 12 y 28 de agosto de 2020 (época de invierno). Los datos obtenidos en dichas evaluaciones fueron analizados en gabinete para lograr una adecuada caracterización de los mismos. La autorización para la realización de estos estudios fue otorgada mediante la R.D.G. N° 630-2019-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS y actualizada mediante la R.D.G. N° 163-2020-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS. Los métodos empleados fueron los siguientes:

- Planificación del trabajo.
- Evaluación de información existente de la cubierta vegetal.

- Evaluación de la cubierta vegetal mediante técnicas de teledetección (evaluación espectral mediante clasificación supervisada).
- Evaluación de las formaciones vegetales *in situ*.
- Evaluación cualitativa de la flora *in situ*.
- Evaluación cuantitativa de la flora *in situ*.

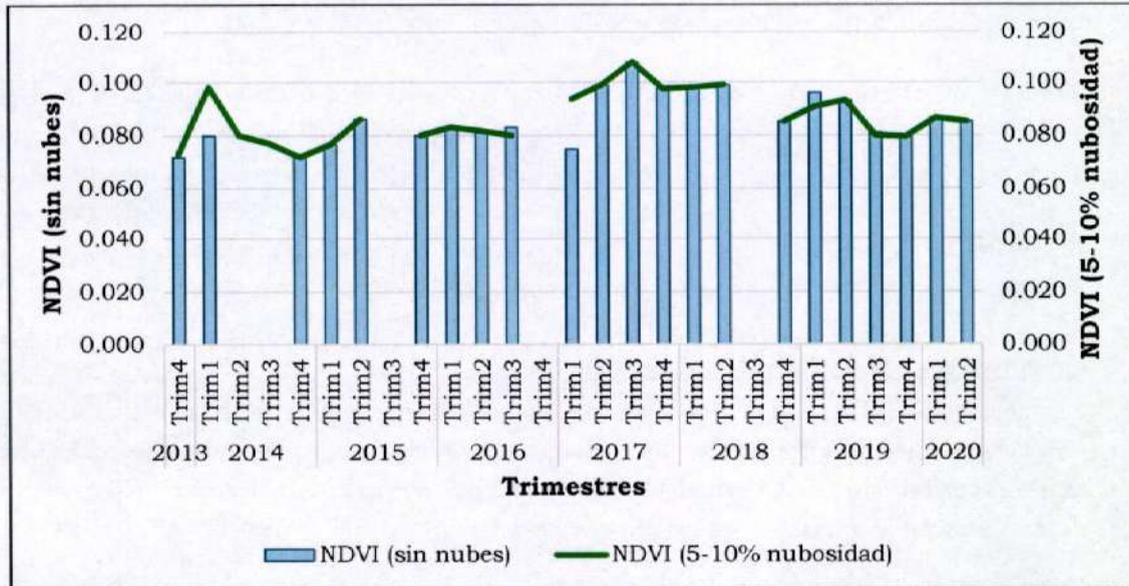
En las siguientes subsecciones se detallan los trabajos de campo y gabinete realizados para la caracterización de la flora y vegetación del área de estudio, a lo largo de los componentes de la central eólica. Es importante indicar que el estudio de la flora hace referencia a la evaluación de la diversidad de plantas en el área, mientras que la evaluación de la vegetación consiste en el estudio de las formaciones vegetales producto de la agrupación de distintos hábitos o formas de vida de las plantas que definen la cobertura vegetal de una zona determinada.

En ese sentido, debido a la característica aridez del área de estudio, se realizó un análisis espectral de la variabilidad de vigor de la vegetación entre las épocas de verano e invierno. Este análisis fue desarrollado mediante el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) para medir el vigor de la vegetación para todos los trimestres que no presentaron nubosidad entre los años 2013 y 2020, a través de la comparación de imágenes Landsat8. Dicho índice permite estimar la vigorosidad de la vegetación (cantidad de clorofila) a través de la combinación de bandas de ciertos rangos del espectro electromagnético.

Con el objetivo de definir si existe una variación significativa en el vigor de la vegetación entre las dos épocas del año, se efectuó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, encontrándose que no existen diferencias significativas. Tal como se puede ver en el **Gráfico 4.2.1**, el análisis se hizo por trimestres y, si bien no se identificaron diferencias significativas entre trimestres ni entre años, sí se observa un aumento considerable en 2017, probablemente debido al evento de El Niño de dicho año. Del mismo modo, la **Ilustración 4.2.1** muestra que la única variación notoria en el NDVI en el área de estudio entre el verano y el invierno de 2019 se registró en la zona de cultivos agrícolas cercanos a la carretera Panamericana Norte, lo cual se debe muy probablemente a la irrigación externa por la población local y no a la ocurrencia de lluvias importantes en la zona.

Gráfico 4.2.1

Variación en el NDVI del área de estudio por trimestres entre los años 2013 y 2020



Fuente: Landsat 8, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Ilustración 4.2.1

Variación del NDVI entre marzo y septiembre de 2019



Fuente: Estudio Hidrogeológico del distrito de Mórrope (Ingemmet, 2018).

Es importante destacar que las metodologías de flora se basaron en la Guía de Inventario de Flora y Vegetación del MINAM (R.M. N° 059-2015-MINAM). Asimismo, las metodologías,

el esfuerzo realizados y el análisis de los datos obtenidos en campo se encuentran alineados con la Guía para la Elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA (R.M. N°455-2018-MINAM).

Por último, es importante recalcar que durante la evaluación de campo de la época de verano los especialistas estuvieron acompañados de pobladores locales, los cuales formaban parte del equipo evaluador en calidad de apoyos. Esto estaba planeado también para la época de invierno, pero, debido al Estado de Emergencia Nacional declarado por el Gobierno, la salida de esta época no incluyó acompañamiento de pobladores locales, con el objetivo de prevenir el riesgo de contagio por COVID-19.

Determinación de formaciones vegetales

Las formaciones vegetales del área de estudio fueron determinadas en campo por observación directa a través de minuciosos recorridos por el área, contando con el apoyo de un procedimiento de clasificación supervisada de cobertura del terreno mediante el uso de una imagen satelital, así como índices de vegetación.

Este procedimiento fue realizado mediante la delimitación de áreas de entrenamiento, las cuales representan a cada cubierta vegetal conocida que se visualiza de manera homogénea en la imagen. De esta manera para cada clase se limita el rango espectral mediante el valor de los píxeles dentro de cada categoría. Posteriormente, se procesa estadísticamente cada píxel y se comparan con las diferentes firmas espectrales de manera que se asigna a la clase o categoría cuya firma se acerque más. Asimismo, se generó el índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés (*Normalized Difference Vegetation Index*). Por otro lado, también se utilizó el “Mapa Nacional de Cobertura Vegetal” (MINAM, 2015) como base para la determinación final de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio.

Evaluación cuantitativa de flora

Con el objetivo de obtener datos de cobertura vegetal de las diferentes formaciones vegetales del área de estudio durante las épocas de verano e invierno, se instalaron secciones lineales de 30 metros y se registraron las especies vegetales que intersecan cada una de ellas (**Fotografía 4.2.1**). En cada sección se registró la presencia de individuos de especies de flora por la proyección sobre la línea de la sección, considerando la cobertura reiterada de dichas especies (Krebs, 1999; Mostacedo & Fredericksen, 2000). Adicionalmente, estas secciones se subdividieron en intervalos de cinco metros para registrar la variabilidad específica dentro de cada uno de ellos.

Este método es ampliamente utilizado para determinar la composición florística de un área determinada y está basado en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo (Mateucci & Colma, 1982; Bolfor, 2000). Cada unidad de muestreo fue georreferenciada (coordenadas UTM, Datum WGS 84) y se realizó un inventario fotográfico de todas las secciones evaluadas.

Fotografía 4.2.1
Muestreo de flora en el área de estudio



Fuente: INSIDEO, 2020.

A partir de la revisión de evaluaciones de flora en el área de estudio y zonas cercanas a la misma, así como reportes específicos en la bibliografía especializada, se establecieron 23 estaciones de evaluación, ubicadas sistemáticamente en el área de estudio.

Es importante mencionar que tanto la caracterización de la vegetación como la caracterización de la flora y la ubicación de las áreas de evaluación biológica estuvieron dirigidas a la evaluación de condiciones de línea base que permitieran una adecuada estimación de impactos, identificando y seleccionando lugares representativos del área de estudio que ahí existen para el desarrollo de los muestreos correspondientes (Krebs, 1978; Matteucci & Colma, 1982; Daubenmire, 1990; Krebs, 1999; Mostacedo & Fredericksen, 2000; Maynard et al., 2013).

Evaluación cualitativa de flora

Los métodos cualitativos consistieron en caminatas a lo largo del área de estudio y en las diferentes unidades de vegetación encontradas en esta, con el fin de registrar el mayor número de especies vegetales posibles. Asimismo, se realizaron consultas a pobladores locales para obtener información botánica de interés social del área de estudio.

Determinación taxonómica de especies y colecta de especímenes

Los especímenes fueron determinados en campo, con la ayuda de claves especializadas, tales como Tovar (1993), Beltrán (1998), Sklenář *et al.* (2005), Reynel *et al.* (2006), entre otras. Se utilizó como ayuda el catálogo de Brako & Zarucchi (1993) y Ulloa *et al.* (2004) para corroborar la distribución de estos.

Para el tratamiento sistemático de los taxones se siguieron los criterios de la APG IV (*Angiosperm Phylogeny Group*, 2016). Para confirmar el uso de nombres científicos actualizados, se revisó la base de datos de TROPICOS (2016) del Jardín Botánico de Missouri (MO), la cual se actualiza casi diariamente.

Análisis de datos

Los registros obtenidos en campo (datos cuantitativos y cualitativos) fueron utilizados para la elaboración del listado general de especies, el listado de especies que se encuentran en alguna categoría de conservación nacional o internacional y el listado de especies endémicas del Perú. Asimismo, los registros cuantitativos fueron empleados para la obtención de las matrices de riqueza, abundancia (cobertura), índices de diversidad y equidad para cada una de las formaciones evaluadas.

Riqueza de especies (S)

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la diversidad biológica, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas (Moreno, 2001).

Cobertura

La cobertura de una especie corresponde a la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de esta y sirve para determinar la dominancia de las especies (Matteucci & Colma, 1982). Se elaboraron matrices de cobertura por sección, para cada formación evaluada.

Diversidad alfa

La diversidad se calculó a través de medidas estadísticas que relacionan la riqueza específica (número de especies) con la abundancia (Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron el Índice de Shannon-Wiener y el Índice de diversidad de Simpson. Para calcular estos índices de diversidad se utilizó el programa PAST 3.06.

Índice de Shannon Wiener

Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representados en la muestra. Su fórmula es:

$$H' = -p_i \times \log_2(p_i)$$

Donde:

H' = valor del índice de diversidad

p_i = abundancia relativa de una especie = n_i/N

n_i = cobertura de la especie i

N = cobertura total de todas las especies

El valor de H' se encuentra acotado entre 0 y $\log_2(S)$, donde "S" es el número total de especies. Tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica (o H'_{\max}) en comunidades de máxima equidad.

Índice de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). Este índice discrimina las especies poco abundantes y brinda mayor significancia a las dominantes. Como su valor es inverso a la dominancia, la diversidad puede calcularse como "1 - D" (Krebs, 1985). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$1 - D = \sum (P_i)^2$$

Donde:

P_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, la cobertura de la especie i dividida entre la cobertura total de la muestra.

Índice de Equidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, que corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988, citado por Moreno, 2001). Se empleó la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'_{\max} = \log_2 (S)$

S = número de especies

Diversidad beta (análisis de similitud)

Índice de similitud de Morisita-Horn

Con el objetivo de comparar la diversidad entre estaciones de evaluación, se empleó el índice de Morisita-Horn, el cual analiza la similitud a partir de datos cuantitativos. Este índice analiza la proporción de cada especie en cada una de las estaciones evaluadas, lo que permite establecer diferencias incluso dentro de formaciones vegetales con una composición específica similar:

$$IM-H = 2 \sum (a_{ni} \times b_{nj}) / (d_a + d_b) \quad aN \times bN$$

Donde:

- a_{ni} = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A

- b_{nj} = número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B
- $d_a = \sum a_{ni}^2 / aN^2$
- $d_b = \sum b_{nj}^2 / bN^2$
- aN = número total de individuos en el sitio A
- bN = número total de individuos en el sitio B

Índice de similitud de Jaccard

A fin de describir las relaciones de afinidad entre las formaciones de vegetación del área de estudio, se elaboraron dendrogramas de similitud utilizando el índice de similitud de Jaccard, el cual emplea datos únicamente cualitativos, facilitando su comparación a partir de su composición específica:

$$J = f / (a + b - f)$$

Donde:

- f = número de especies halladas en ambas localidades (A y B).
- a = número de especies halladas en la localidad "A".
- b = número de especies halladas en la localidad "B".

Curva de acumulación o rarefacción

Esta curva representa el número acumulado esperado de especies diferentes encontradas dentro de un área geográfica como una función de la medida del esfuerzo de muestreo (Díaz-Frances y Soberón, 2005). Estas son comúnmente usadas para analizar el éxito de los diseños de muestreo de un determinado grupo biológico en cuanto a especies detectadas donde un buen muestreo debe acercarse a la asíntota de la curva de acumulación de especies. Para las curvas de acumulación con el modelo de Clench, cuando el valor de R es más cercano a la unidad (1) indica un mejor ajuste del modelo a los datos (Llaven, 2013) donde a partir de proporciones superiores al 70% las estimaciones de la riqueza asíntótica se hacen estables (Jiménez & Hortal, 2003).

El modelo de Clench es recomendado para estudios en sitios de áreas extensas y cuando los colectores han acumulado experiencia, incrementando la probabilidad de detectar nuevas especies, mientras más tiempo se permanece en campo (Soberón y Llorente, 1993).

Especies con algún estado de conservación

Se revisó la lista de categorización nacional de especies amenazadas de Flora Silvestre (D.S. N° 043-2006-AG) y la Lista Roja de la UICN (2020-2). Aun cuando no se consideró pertinente incluir la categorización de especies según los apéndices de la CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) ya que, tal como su nombre lo indica, dicha categorización tiene como objetivo asegurar que el comercio internacional de individuos de especies de flora y fauna silvestre no amenace la supervivencia de las mismas, escapando, en este sentido, al enfoque y objetivos de la

presente evaluación, se realizó la comparación con dicha lista solamente de modo referencial, con la finalidad de cumplir con los términos de referencia comunes para instrumentos de gestión ambiental de este tipo. Esta comparación no fue incluida en la lista de especies con algún estatus de conservación, debido a los criterios señalados líneas arriba.

Endemismos

Para la determinación de las especies endémicas se utilizó el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (León *et al.*, 2006).

Especies de importancia socioeconómica

Se analizó la presencia de especies de importancia socioeconómica local (actual y potencial) mediante la revisión de estudios anteriores realizados en el área y búsqueda de bibliografía especializada, además de comunicaciones personales y entrevistas a pobladores locales.

Índice de Valor de Importancia (IVI) y especies clave

Las especies de flora determinadas en el área de estudio fueron evaluadas según su importancia tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Estado de conservación (según listas nacionales e internacionales).
- Endemismo.
- Importancia socioeconómica.

Se elaboró un cuadro de valoraciones para cada una de las posibles alternativas de los criterios indicados (**Cuadro 4.2.2**). Las especies de flora de importancia mayor fueron seleccionadas según el valor obtenido de la suma de todos los criterios utilizados. Estos valores fueron designados de acuerdo con el análisis de los datos obtenidos en las evaluaciones de campo y de acuerdo con la literatura revisada. Se consideraron como especies de importancia mayor aquellas que obtuvieron un puntaje total igual o mayor a tres. También se seleccionaron a aquellas especies que tuvieron una alta importancia estructural en el ecosistema.

Cuadro 4.2.2

Valoración de los criterios para la selección de especies de flora de importancia mayor

Criterio	Valor	Especificación
Estado de conservación	0	No considerada en las listas de conservación (LC)
	1	Considerada nacional o internacionalmente bajo la categoría de Data Deficiente (DD)
	2	Considerada nacional o internacionalmente bajo la categoría de Casi Amenazada (NT)
	3	Considerada nacional e internacionalmente bajo las categorías Data Deficiente (DD) y Casi Amenazada (NT)

Criterio	Valor	Especificación
	4	Considerada nacional o internacionalmente bajo las categorías de amenaza (VU: Vulnerable, EN: En Peligro y CR: En Peligro Crítico)
	5	Considerada nacional e internacionalmente bajo las categorías de amenaza (VU: Vulnerable, EN: En Peligro y CR: En Peligro Crítico)
Endemismo	0	No endémica
	1	Especie endémica de distribución geográfica amplia
	3	Especie endémica de distribución geográfica media
	5	Especie endémica local o de distribución geográfica menor
Importancia socioeconómica	0	No posee importancia socioeconómica local
	1	Utilizada por los pobladores con un fin específico
	2	Utilizada por los pobladores con más de un fin

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Ubicación de las unidades de evaluación

En la **Tabla 4.2.1** se presenta la ubicación y coordenadas de las unidades de muestreo de la evaluación de flora correspondiente al área de estudio de la Central Eólica Mórrope. Asimismo, en la **Figura 4.2.4** se muestran las formaciones vegetales identificadas y en la **Figura 4.2.5** la ubicación de las unidades de muestreo mencionadas. Estas se ubicaron de manera que sean representativas de las formaciones vegetales del área.

El objetivo de una evaluación biológica de este tipo es realizar un muestreo que represente adecuadamente al ecosistema en donde posteriormente se pueda ejecutar un plan de manejo adecuado. Las estaciones se encuentran distribuidas en zonas representativas del área de estudio y permiten la gestión para un adecuado plan de manejo. En el **Cuadro 4.2.3** se presenta un breve resumen de la **Tabla 4.2.1**, en donde se presenta la nomenclatura, la formación vegetal caracterizada y la referencia geográfica de ubicación.

Cuadro 4.2.3
Nomenclatura, formación vegetal y referencia geográfica de las estaciones de evaluación

Estación	Formación vegetal	Distrito	Provincia	Departamento
FF-01	Zona antropizada	Mórrope	Lambayeque	Lambayeque
FF-02	Zona antropizada	Mórrope		
FF-03	Zona antropizada	Mórrope		
FF-04	Zona antropizada	Lambayeque		
FF-05	Semidesierto costero	Mórrope		
FF-06	Semidesierto costero	Mórrope		
FF-07	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-08	Zona antropizada	Lambayeque		
FF-09	Matorral asociado a dunas	Mórrope		
FF-10	Matorral asociado a dunas	Mórrope		
FF-11	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-12	Desierto costero	Mórrope		
FF-13	Desierto costero	Lambayeque		
FF-14	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-15	Desierto costero	Lambayeque		
FF-16	Desierto costero	Lambayeque		
FF-17	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-18	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-19	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-20	Semidesierto costero	Lambayeque		
FF-21	Zona antropizada	Lambayeque		
FF-22	Matorral asociado a dunas	Mórrope		
FF-23	Matorral asociado a dunas	Mórrope		

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Resultados

Formaciones vegetales

Como resultado del análisis de imágenes satelitales y visitas de campo al área de estudio durante las evaluaciones de línea base, se determinó la presencia de cuatro tipos distintos de formaciones vegetales en el área de estudio (**Cuadro 4.2.4** y **Figura 4.2.4**). En el cuadro a continuación se muestra la representatividad de las formaciones vegetales en el ámbito del proyecto. Por otro lado, en el **Anexo 4.2.1** se puede observar fotografías de dichas formaciones vegetales.

Cuadro 4.2.4
Formaciones vegetales del área de estudio

Formaciones vegetales	Área (ha)	Porcentaje (%)
Desierto Costero	4802,36	38,58
Semidesierto Costero	3871,39	31,10
Matorral asociado a dunas	751,73	6,04
Zona antropizada	3021,94	24,28
Total	12 447,42	100,00

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

A continuación, se presenta una descripción de cada una de las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio.

Formaciones vegetales

Desierto Costero (DC)

Esta formación vegetal está caracterizada por escasa o nula vegetación, siendo *Sesuvium portulacastrum* (hierba suculenta) la especie presente en algunos parches ralos en las zonas evaluadas de esta formación, con un tipo de suelo arenoso (**Fotografía 4.2.2**). En general, se encuentran grandes extensiones desprovistas totalmente de vegetación en esta formación y el suelo suele estar húmedo en algunos sectores, debido a la infiltración del agua marina, lo cual tampoco facilita el crecimiento de plantas no halófilas.

Semidesierto Costero (SDC)

Si bien esta formación vegetal está asociada a altitudes de 1000 m, las características de vegetación halladas en el área de estudio son similares, con portes arbustivos y herbáceos dominantes (**Fotografía 4.2.3**). Es posible denominar a esta formación vegetal como “matorral desértico” por la dominancia de especies de porte arbustivo. Las zonas evaluadas poseen un tipo de suelo limoso arenoso. En los sectores de dunas, tiene vegetación escasa del tipo halofítico, con plantas de porte mínimo, tales como *Batis maritima*.

Matorral asociado a dunas (MAD)

Esta formación vegetal está caracterizada por la presencia de arbustos y sub-arbustos bien establecidos en sectores de dunas alejadas de la costa (a diferencia de las dunas pertenecientes al semidesierto costero), (**Fotografía 4.2.4**). El tipo de suelo es arenoso, con montículos de arena que albergan vegetación de porte mediano y con buen vigor, en comparación al resto del área de estudio. Esta vegetación se encuentra más arraigada en el suelo, lo que le facilita el crecimiento y la disposición de hábitat para algunas aves, y algunos reptiles y artrópodos.

Zona Antropizada (ZA)

Esta formación está conformada por las áreas de cultivo, tales como las zonas de vivienda y construcción que se vienen dando dentro del área evaluada, las cuales se caracterizan por tener especies cultivadas e invasoras, con un tipo de suelo limoso (**Fotografía 4.2.5**).

En esta formación se han identificado campos agrícolas resecos, abandonados, eminentemente dependientes de irrigación externa, debido a la extrema aridez del lugar.

Fotografía 4.2.2
Formación vegetal “Desierto costero”



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.2.3
Formación vegetal “Semidesierto costero”



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.2.4
Formación vegetal "Matorral asociado a dunas"



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.2.5
Formación vegetal "Zona antropizada"



Fuente: INSIDEO, 2020.

Riqueza específica

Riqueza específica total

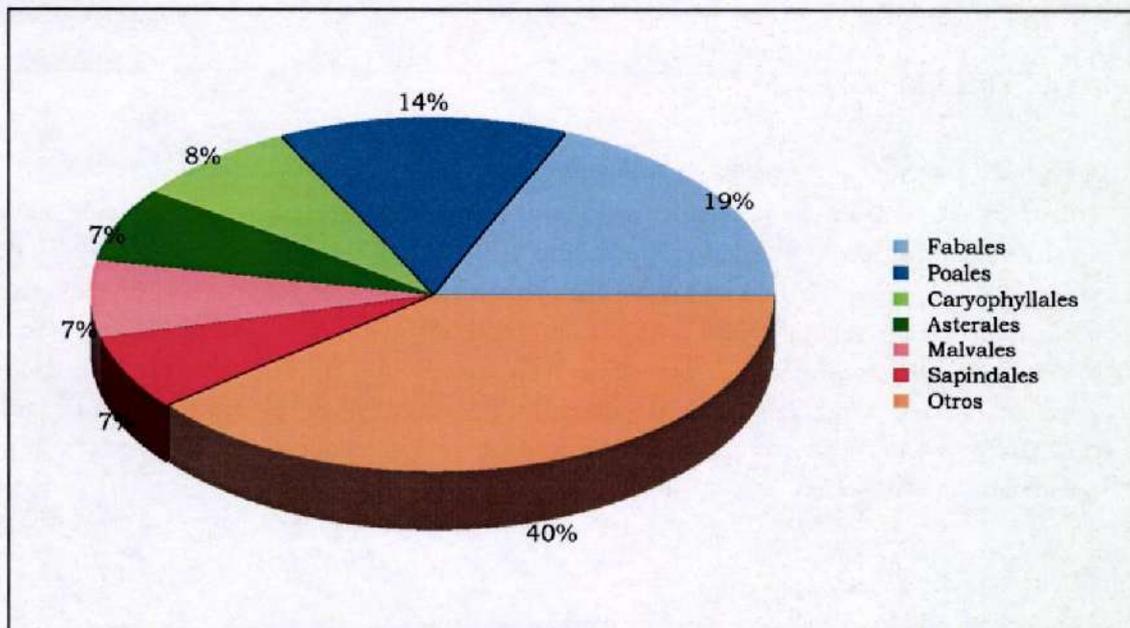
Se registraron 59 especies y morfoespecies²⁴ de flora en el área de estudio, distribuidas en 26 familias botánicas y 18 órdenes (Tabla 4.2.F2). En el Anexo 4.2.1 se presenta un panel fotográfico con algunas de las especies de flora registradas en el área de estudio del proyecto.

Con respecto a la distribución de especies de acuerdo con los órdenes taxonómicos, el orden Fabales fue el que presentó la mayor riqueza, con un total de once especies (19%), seguido del orden Poales, con ocho especies (14%). El resto de los órdenes presentó porcentajes de riqueza de especies inferior a 10%, registrando entre una y cinco especies (Gráfico 4.2.2).

En relación a las familias encontradas en el área, Fabaceae fue la que presentó la mayor riqueza con un total de once especies registradas (19%), seguida de la familia Poaceae, con siete especies (12%). Mientras tanto, las familias restantes presentaron entre una y cuatro especies, representando porcentajes inferiores al 7% (Gráfico 4.2.3).

Gráfico 4.2.2

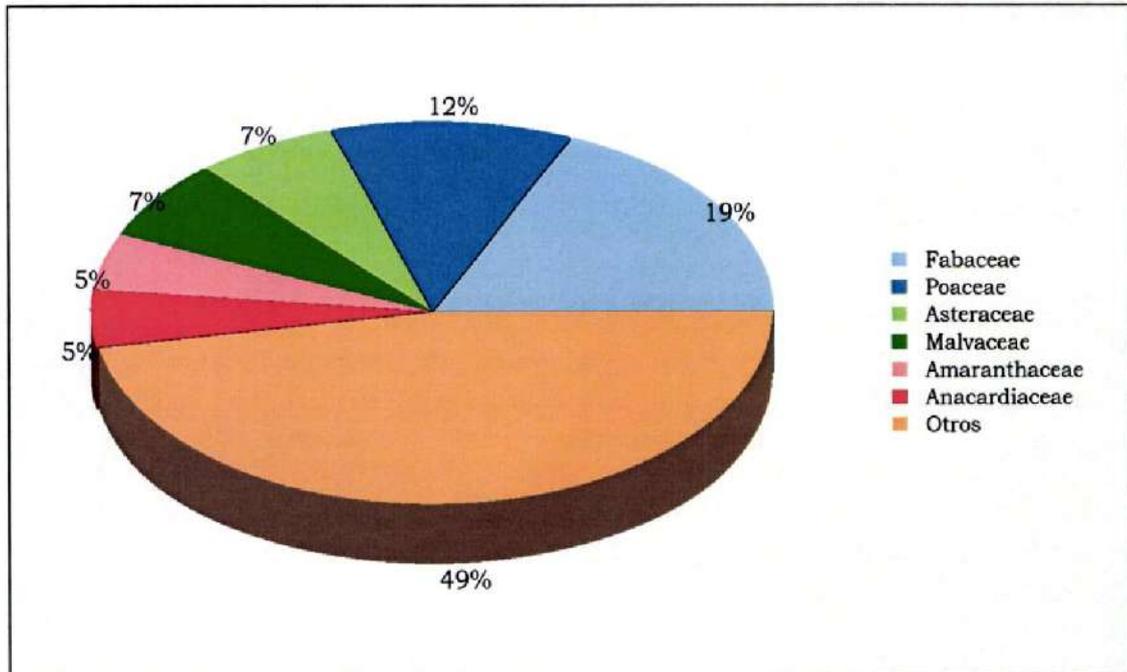
Composición porcentual de especies de flora registradas en el área de estudio por orden taxonómico



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

²⁴ Especies pertenecientes a un grupo taxonómico específico (género, familia, orden, etc.) que comparten los mismos rasgos fenotípicos.

Gráfico 4.2.3
Composición porcentual de especies de flora registradas en el área de estudio por familia taxonómica



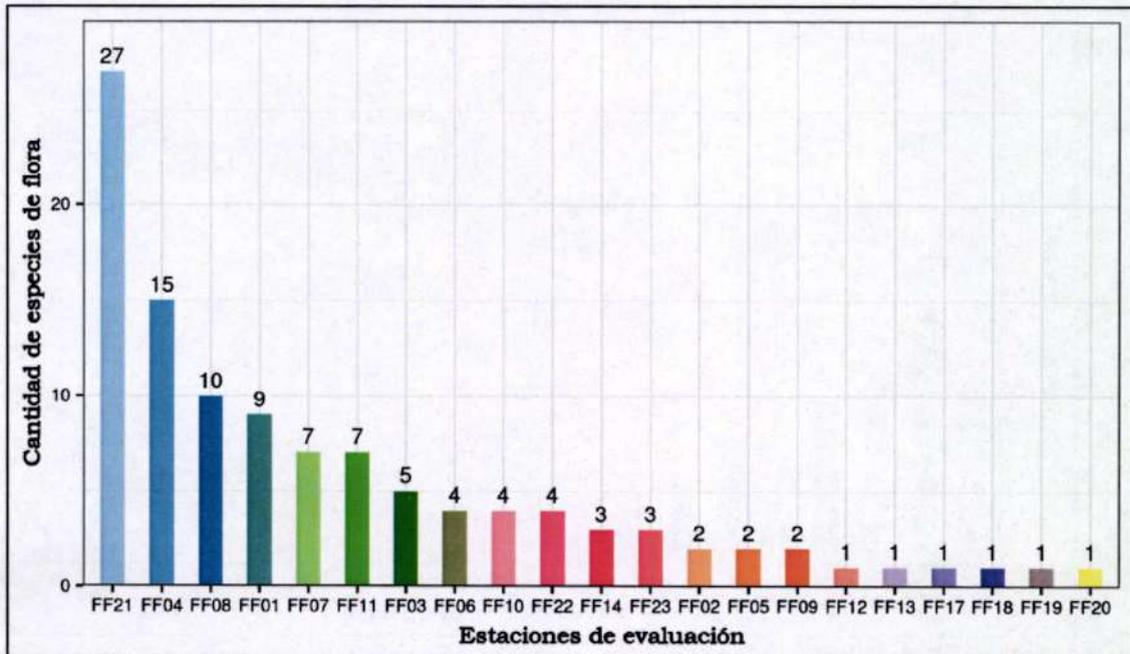
Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Riqueza específica por estación de evaluación

En la **Tabla 4.2.F5** se presenta la riqueza de especies de flora presentes por estación durante la evaluación de la época de verano de 2020. Tal como se puede observar en dicha tabla, el valor más elevado de riqueza fue registrado en la estación FF21, ubicada dentro de la formación vegetal “zona antropizada”, con 27 especies, seguida por las estaciones FF04 y FF09, con quince y diez especies, respectivamente. Por otro lado, en dos estaciones ubicadas en la formación “desierto costero” (FF15 y FF16) no se reportó ninguna especie. El **Gráfico 4.2.4** a continuación muestra la riqueza de especies de flora registradas por estación de evaluación.

Gráfico 4.2.4

Riqueza de especies de flora registradas por estación de evaluación - época de verano 2020

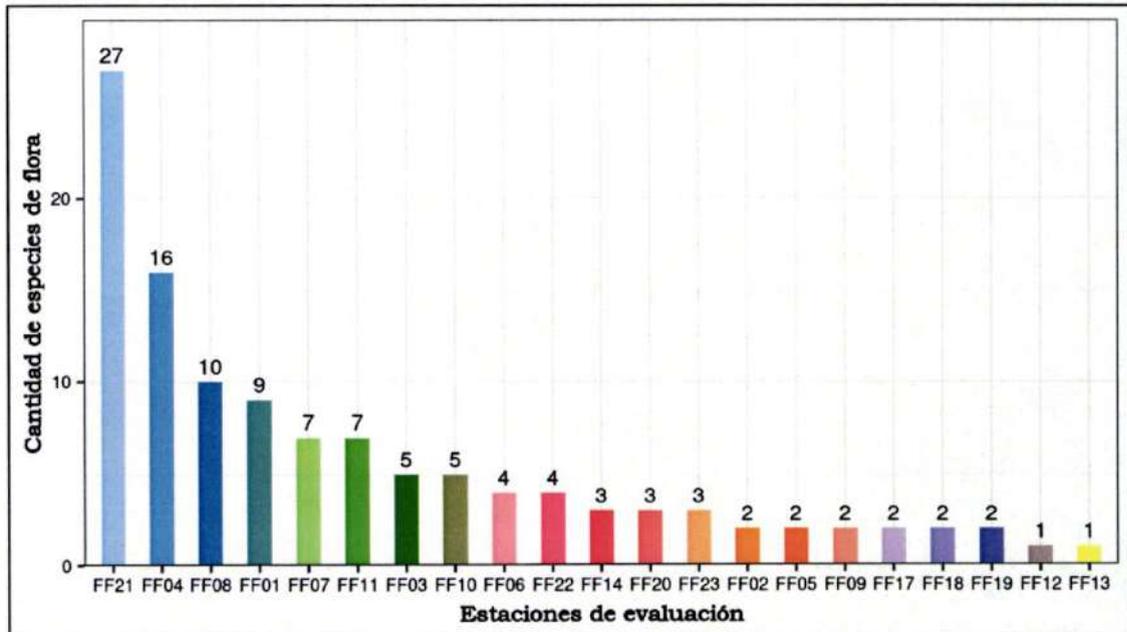


Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

De manera similar, durante la evaluación realizada en la época de invierno, y tal como se puede observar en la **Tabla 4.2.F6**, el valor más elevado de riqueza fue registrado en la estación FF21, con 27 especies registradas, seguida por la estación FF04, con 16 especies y FF08, con diez especies. Asimismo, las estaciones FF15 y FF16 no presentaron ninguna especie. El **Gráfico 4.2.5** muestra la riqueza de especies de flora registradas por estación de evaluación.

Gráfico 4.2.5
Riqueza de especies de flora registradas por estación de evaluación – época de invierno 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

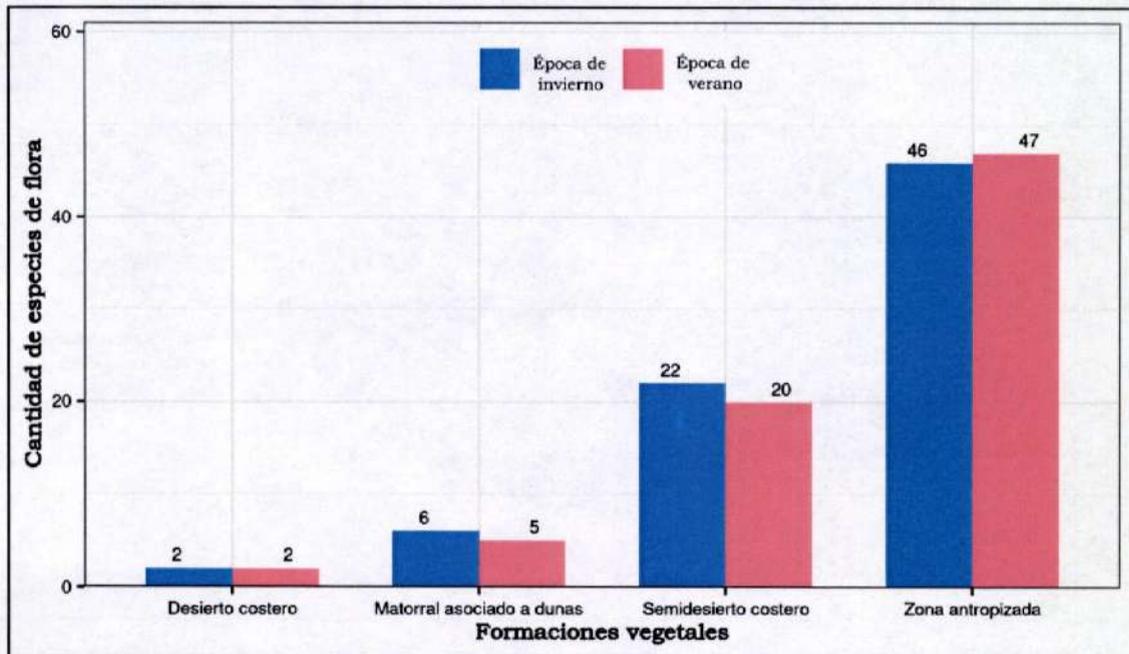
Estos resultados corroboran el análisis de variación estacional realizado, puesto que no se observa variaciones significativas en la composición florística que podrían estar influenciadas por la distinta oferta de agua a través del año.

Riqueza específica por formación vegetal

En la **Tabla 4.2.F7** se presenta la riqueza de especies de flora por formación vegetal en la época de verano, mientras que en la **Tabla 4.2.F8** se presentan los datos de la época de invierno. Tal como se puede observar, los valores de riqueza en las formaciones vegetales fueron muy similares entre épocas. Los valores más elevados de riqueza en ambas épocas fueron registrados en la formación vegetal “zona antropizada”, la cual presentó 47 especies en época de verano y 46 en época de invierno. Este valor fue considerablemente mayor al reportado en las formaciones vegetales “Desierto costero” y “Matorral asociado a dunas”, en las cuales se registraron valores de entre dos y seis especies para ambas épocas. En el **Gráfico 4.2.6** a continuación, se muestra la riqueza de especies de flora registradas por formación vegetal.

Gráfico 4.2.6

Riqueza de especies de flora registradas por formación vegetal



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

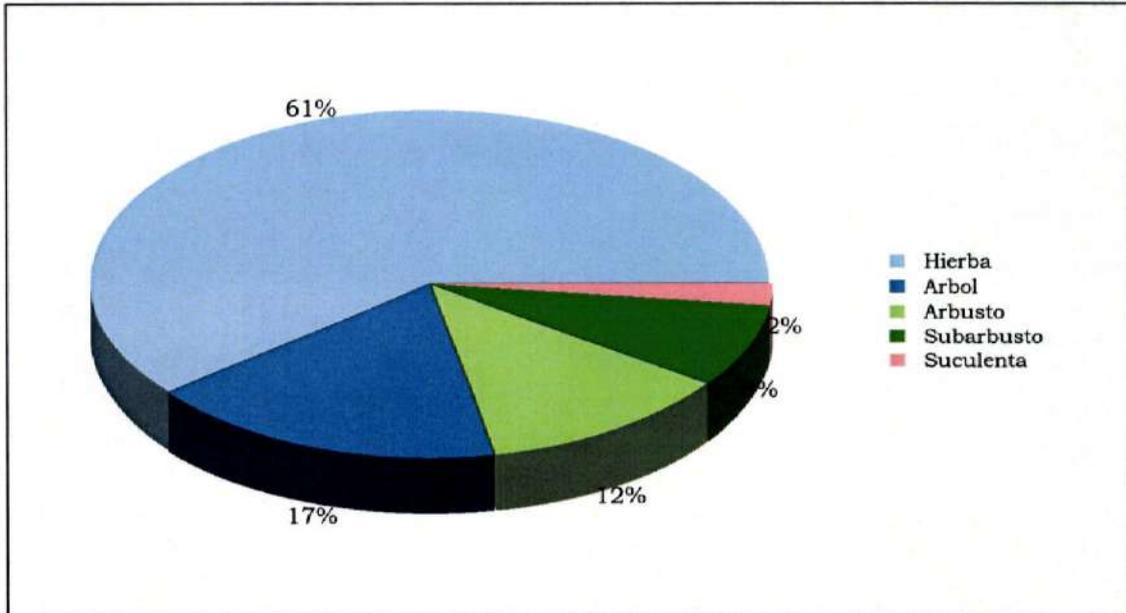
Estos resultados corroboran el análisis de variación estacional realizado, puesto que no se observa variaciones significativas temporales en la composición florística por formación vegetal puesto que no hay una diferenciada oferta de agua a través del año.

Hábito de crecimiento

Durante las evaluaciones desarrolladas en el área de estudio se reportaron cinco hábitos de crecimiento de las especies botánicas registradas, tal como se presenta en la **Tabla 4.2.F4**. Las especies herbáceas fueron las que se presentaron en mayor cantidad, con 36 especies (61% de la riqueza de flora reportada), seguidas por las arbóreas, con diez especies (17%). Los demás hábitos de crecimiento reportaron menos de diez especies cada uno, siendo el hábito de suculentas el menos común, ya que reportó solo una especie (2%), (**Gráfico 4.2.7**).

Gráfico 4.2.7

Hábito de crecimiento de las especies de flora registradas en el área de estudio



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

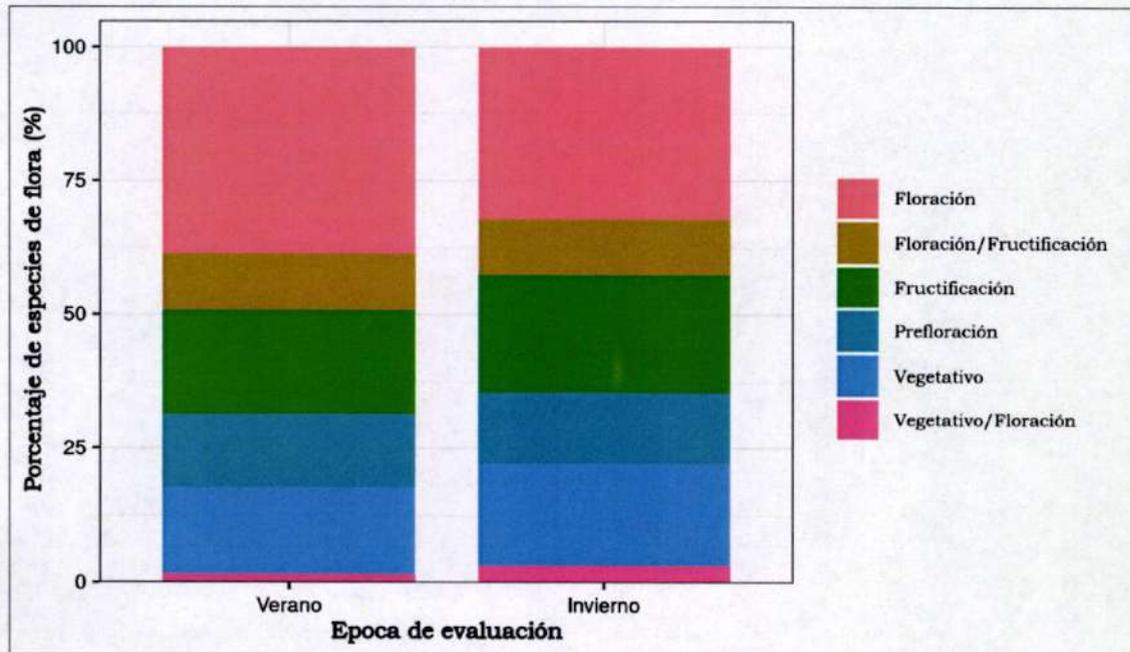
Estado fenológico

De acuerdo con el estado fenológico de las especies registradas durante la evaluación botánica, para ambas épocas, la mayoría de especies se encontró en estado de floración. En la evaluación realizada en la época de verano, se registró a un 39% de las especies de flora en estado de floración, 19% en fructificación, 16% en vegetativo y el resto en una combinación de floración y fructificación o floración y vegetativo.

Asimismo, durante la evaluación realizada a través de la misma metodología en la época de invierno se registró a un 32% de las especies de flora en estado de floración, 22% en fructificación, 19% en vegetativo y el resto en una combinación de floración y fructificación o floración y vegetativo. Tal como se presenta en la **Tabla 4.2.F3** y el **Gráfico 4.2.8** a continuación.

Gráfico 4.2.8

Estado fenológico de las especies de flora registradas en el área de estudio por metodología y época de evaluación



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Estos resultados corroboran el análisis de variación estacional realizado, puesto que no se observa variaciones significativas temporales en el estado fenológico de la flora puesto que no hay una diferenciada oferta de agua a través del año.

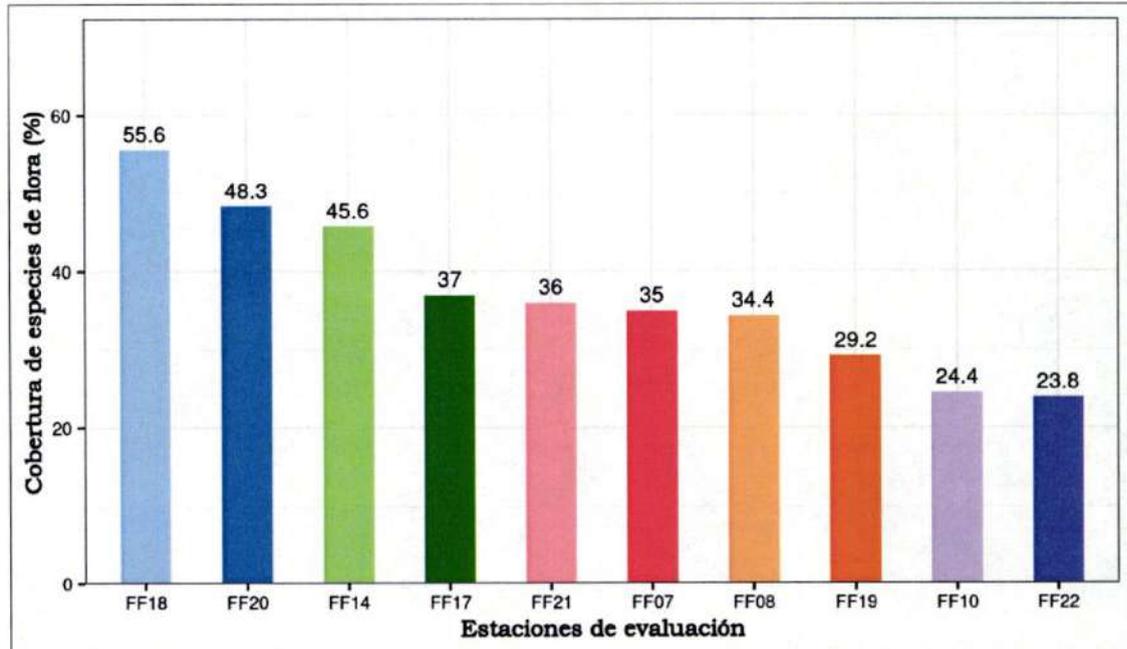
Análisis de cobertura vegetal

Análisis de cobertura vegetal por estación de evaluación

En la **Tabla 4.2.F9** se presentan los resultados de cobertura vegetal por estación de evaluación obtenidos durante el muestreo por secciones realizado en época de verano. Tal como se puede observar en dicha tabla, la cobertura vegetal más elevada de flora fue registrada en la estación FF18, con un total de 56%, seguida de la estación FF20 con un total de 48%, y de la estación FF14 con una cobertura de 46%, todas ubicadas en la formación "semidesierto costero". En contraste, las estaciones FF02 y FF04 registraron los menores valores de cobertura vegetal, con 1 y 2%, respectivamente. Mientras tanto, las estaciones FF15 y FF16 no registraron especímenes (**Gráfico 4.2.9**).

Gráfico 4.2.9

Cobertura vegetal (%) registrada por estación de evaluación – época de verano 2020



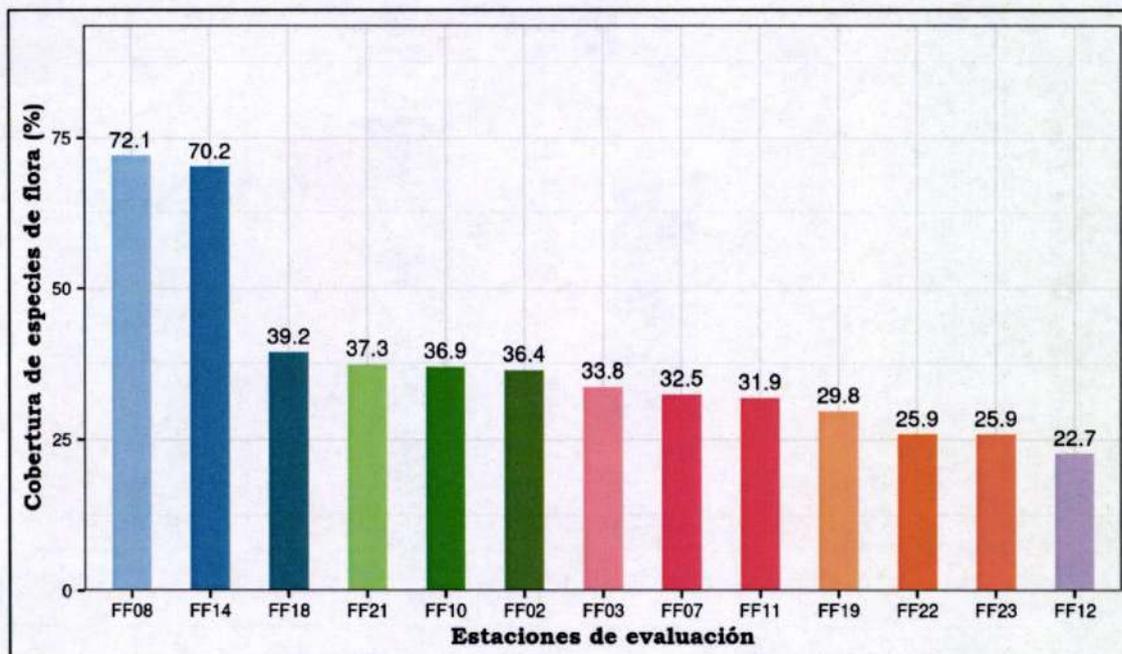
*Solo se muestran las estaciones con más de 20% de cobertura vegetal registrada.

Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

En cuanto a la evaluación realizada durante la época de invierno, tal como se puede observar en la **Tabla 4.2.F10**, la mayor cobertura fue registrada en la estación FF08, con 72%, seguida de FF14, con 70% (ambas ubicadas en la formación vegetal “semidesierto costero”). Mientras tanto, las estaciones FF18 y FF21 presentaron un porcentaje de cobertura de 39% y 37% respectivamente. Por otro lado, las estaciones FF09 y FF05 registraron la menor cobertura vegetal, con 2% y 6%, respectivamente (**Gráfico 4.2.10**).

Gráfico 4.2.10
Cobertura vegetal (%) registrada por estación de evaluación – época de invierno
2020



*Solo se muestran las estaciones con más de 20% de cobertura vegetal registrada.

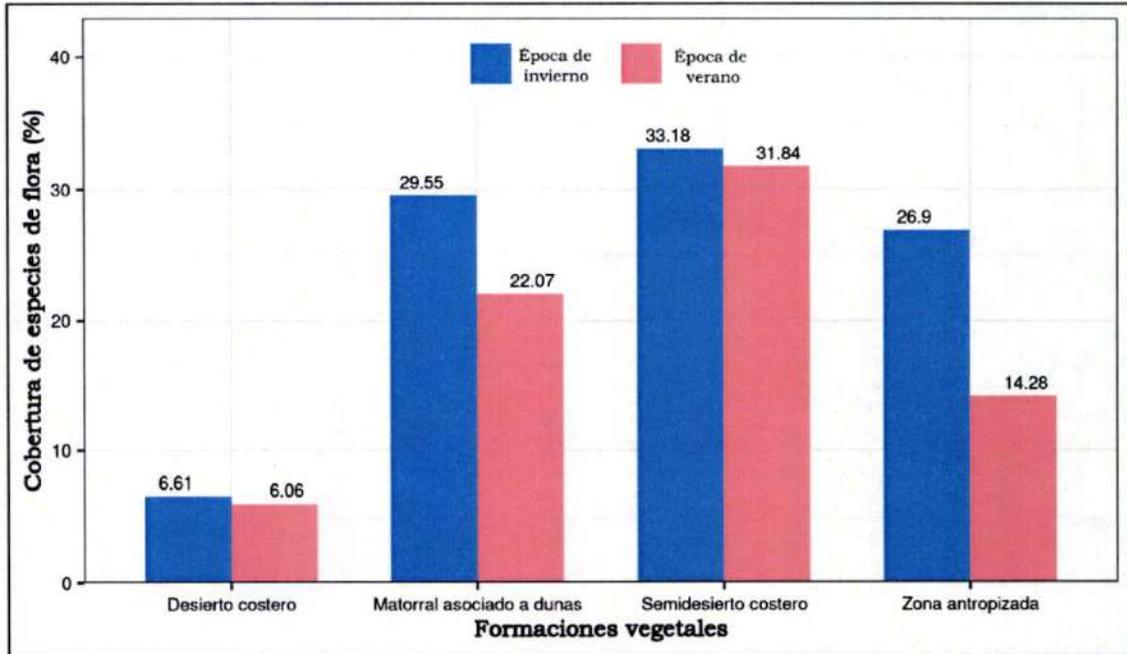
Fuente: INSIDEO, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Análisis de cobertura vegetal por formación vegetal

En la **Tabla 4.2.F11** se presenta la cobertura vegetal (%) de flora por formación vegetal en la época de verano, mientras que en la **Tabla 4.2.F12** se presenta la información de la época de invierno. Tal como se puede observar en dicha tabla, los valores más elevados de densidad en ambas épocas fueron registrados en la formación vegetal “Semidesierto costero”, la cual presentó un porcentaje de cobertura de 32% en época de verano y 33% en época de invierno. Asimismo, el “matorral asociado a dunas” fue la formación que presentó el segundo valor más alto en ambas épocas de evaluación con un porcentaje de cobertura de 22% en verano y 30% en invierno. Por otro lado, la formación “desierto costero” fue la formación con el porcentaje más bajo de cobertura en la época de verano así como en invierno, con 6 y 7%, respectivamente. Es importante mencionar que, para todos los casos, el porcentaje de cobertura fue ligeramente mayor durante la evaluación de invierno. En el **Gráfico 4.2.11** a continuación, se muestra el porcentaje de cobertura por formación vegetal.

Gráfico 4.2.11
Cobertura vegetal registrada por formación vegetal



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Estos resultados corroboran el análisis de variación estacional realizado, puesto que no se observa variaciones significativas temporales en la cobertura vegetal puesto que no hay una diferenciada oferta de agua a través del año. Las menores diferencias encontradas pueden deberse a la marchitez de partes de la planta o mortandad de especímenes naturalmente a lo largo del año.

Análisis de diversidad y equidad

Para analizar la diversidad de las especies de flora registradas en el área de estudio por estación y formación vegetal se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), así como el índice de diversidad de Simpson y el índice de equidad de Pielou (J').

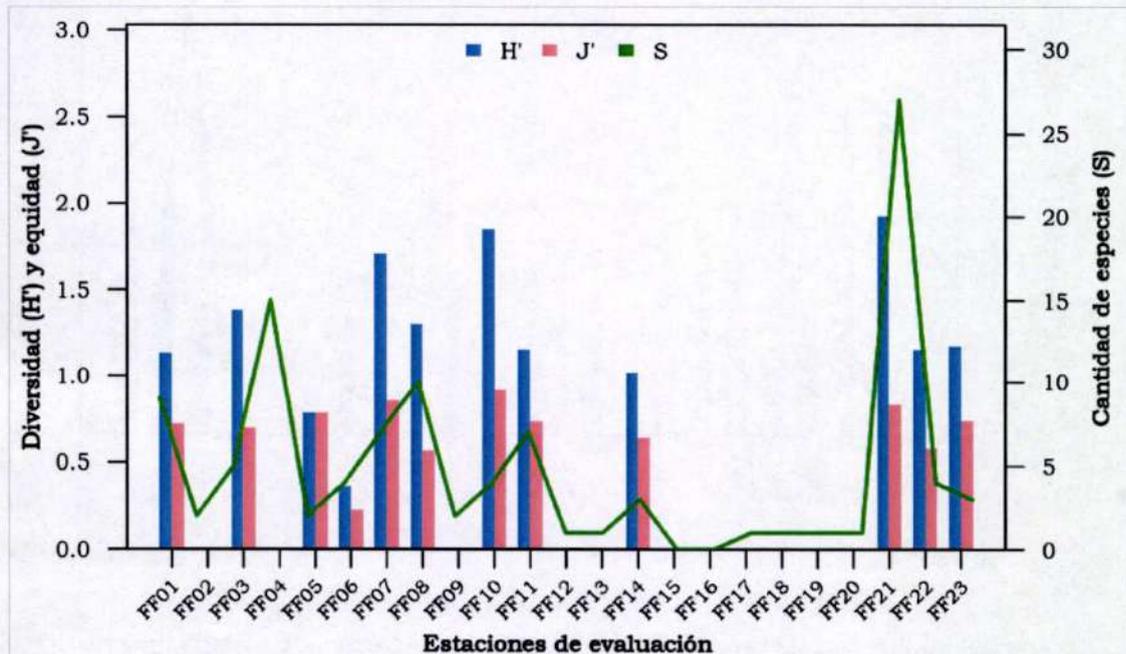
Análisis de diversidad y equidad por estación de evaluación

Análisis de diversidad y equidad en secciones

Con respecto a los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener, reportados durante la evaluación de la época de verano, estos fueron bajos y variaron entre $H' = 0,00$ y $H' = 1,93$. Por otro lado, el índice de Simpson varió entre 0 y 0,70. Para ambos índices, los valores más elevados se presentaron en la estación FF21 (ubicada en el “semidesierto costero”), debido a que reportó el valor más elevado de riqueza, así como un alto valor de equidad ($S = 27$; $J' = 0,78$), seguida de FF10 ($H' = 1,85$; $1-D = 0,70$), debido a que presentó el valor más alto de equidad ($J' = 0,92$), (**Gráfico 4.2.12** y **Tabla 4.2.F13**). Por otro lado, los valores más bajos de diversidad fueron registrados en las estaciones FF-02, FF-09, FF-12, FF-13,

FF-15, FF-16, FF-17, FF-18, FF-19 y FF-20, ya que estas no reportaron ninguna especie vegetal.

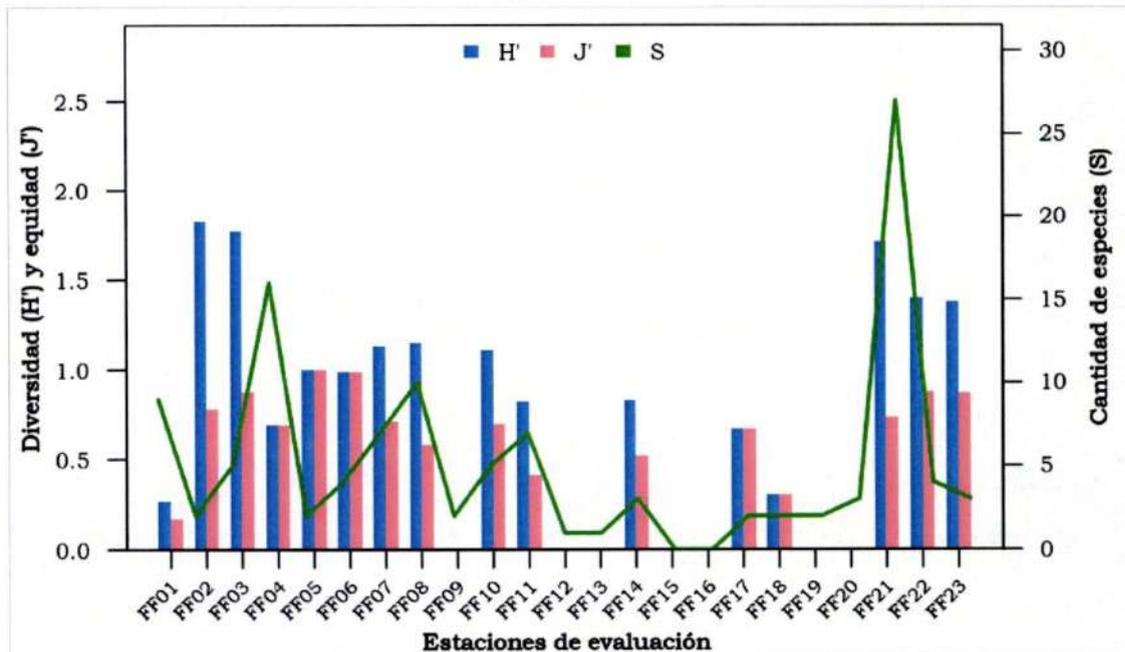
Gráfico 4.2.12
Valores de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza (S) de flora por estación de evaluación – época de verano 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Asimismo, durante la evaluación de la época de invierno, los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener registrados varían entre $H' = 0,27$ y $H' = 1,82$. Por otro lado, el índice de Simpson varía entre 0,09 y 0,69. Para ambos índices, los valores más bajos de diversidad en las unidades de evaluación fueron registrados en la estación FF01, debido a que si bien, no presentó el valor más bajo de riqueza, presentó el valor más bajo de equidad ($S = 9$; $J' = 0,17$). Por otro lado, los valores más elevados para ambos índices fueron obtenidos en la estación FF02, ubicada en la “zona antropizada”, ya que reportó una elevada equidad ($J' = 0,78$), (Gráfico 4.2.13 y Tabla 4.2.F14).

Gráfico 4.2.13
Valores de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza (S) de flora por estación de evaluación – época de invierno 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Estos resultados corroboran el análisis de variación estacional realizado, puesto que no se observa variaciones significativas temporales en la cobertura vegetal puesto que no hay una diferenciada oferta de agua a través del año. Las menores diferencias encontradas pueden deberse a la mortandad de especímenes (presencia / ausencia) naturalmente a lo largo del año.

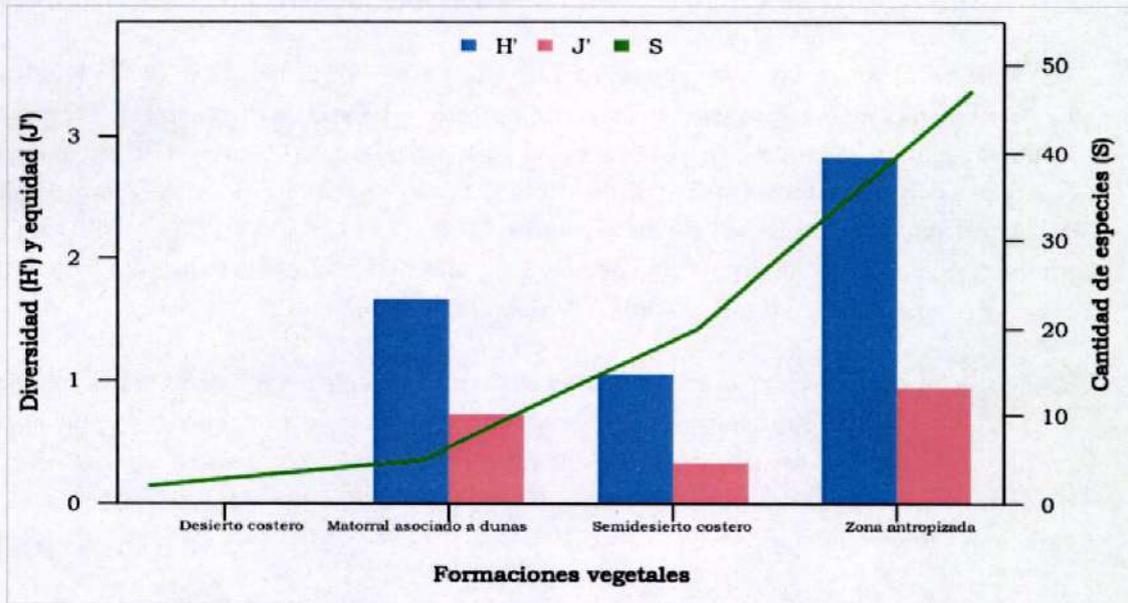
Análisis de diversidad y equidad por formación vegetal

Con respecto a los valores de diversidad por formación vegetal para la evaluación realizada en la época de verano, tal como se presenta en la **Tabla 4.2.F15**, los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenidos varían entre $H' = 0$ y $H' = 2,83$, mientras que el índice de Simpson varía entre 0 y 0,85. Para ambos índices, los valores de diversidad más elevados fueron reportados en la formación vegetal “zona antropizada”, debido a que reportó los mayores valores de riqueza y equidad ($H' = 47$; $J = 0,85$), (**Gráfico 4.2.14**). Por otro lado, los valores más bajos de diversidad se registraron en la formación “desierto costero” ya que tuvo una riqueza muy baja, con solo dos especies registradas.

Asimismo durante la evaluación en la época de invierno (**Tabla 4.2.F16**) los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenidos variaron entre $H' = 0$ y $H' = 2,60$, mientras que el índice de Simpson varió entre 0 y 0,82. De manera similar a la época de verano, los valores más altos de diversidad se reportaron en la “zona antropizada”, debido

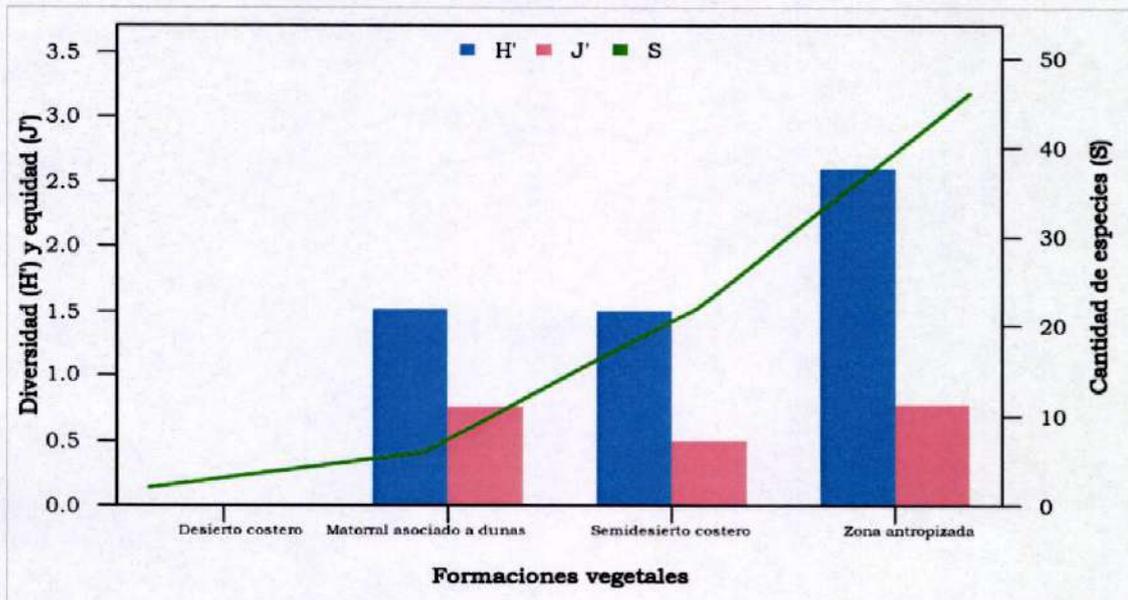
a su elevada riqueza y valor alto de equidad ($S = 46$; $J' = 0,78$), mientras que los valores más bajos fueron presentados por el "desierto costero" (Gráfico 4.2.15).

Gráfico 4.2.14
Valores de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza (S) de flora registrada por formación vegetal – época de verano 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Gráfico 4.2.15
Valores de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza (S) de flora registrada por formación vegetal - época de invierno 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
 Elaborado por: INSIDEO.

Análisis de similitud

Análisis de similitud entre estaciones de evaluación

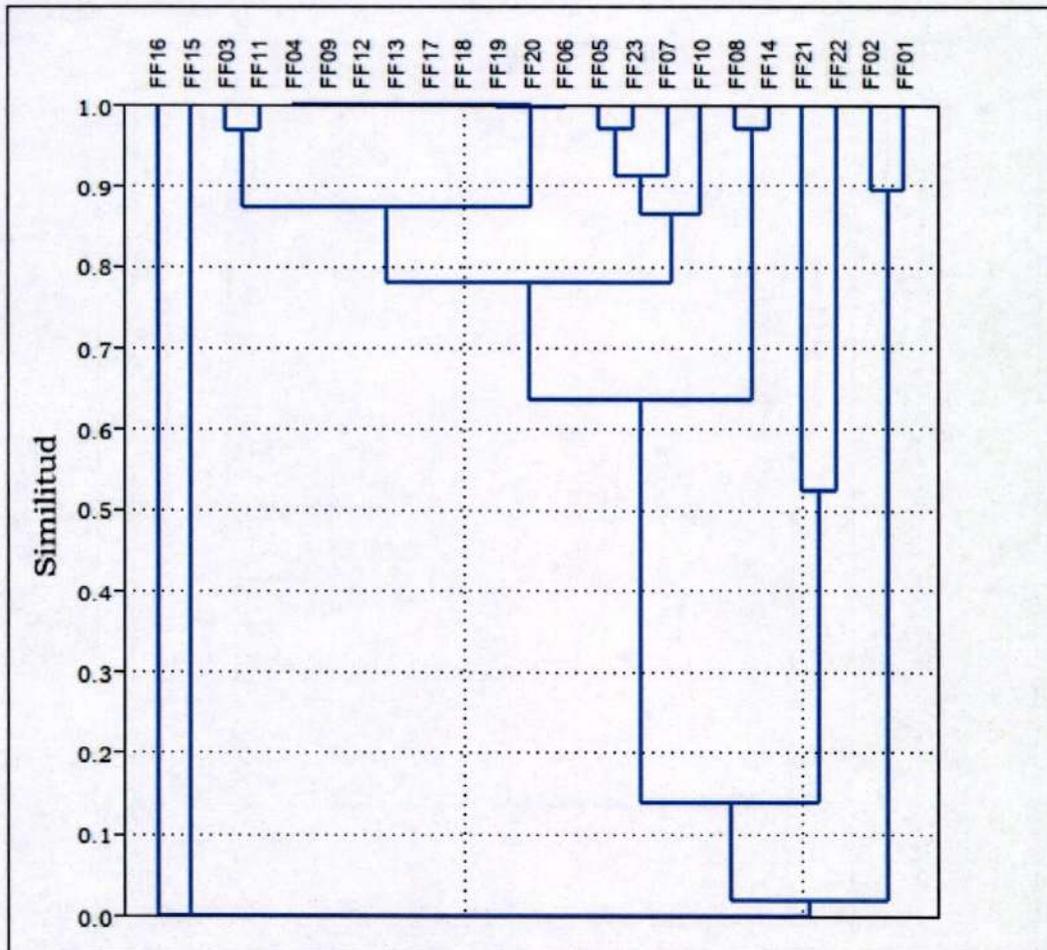
Con la finalidad de conocer la similitud de la composición florística entre las unidades de muestreo implementadas, se utilizó el índice de similitud de Morisita-Horn. En ese sentido, en cuanto a la evaluación de flora realizada durante la época de verano, en la **Tabla 4.2.F17** y en el **Gráfico 4.2.16** se presentan los valores de similitud correspondientes.

Tal como se observa, las estaciones FF04, FF06, FF09, FF12, FF13, FF17, FF18, FF19 y FF20, ubicadas en las formaciones “desierto costero” y “semidesierto costero”, presentaron la mayor similitud (100%), lo cual se debió principalmente a la presencia de la especie *Sesuvium portulacastrum* en dichas estaciones, la cual además presentó el porcentaje de cobertura más alto. Asimismo, las estaciones FF03 y FF11, FF05 y FF23, y FF08 y FF14, también presentaron un porcentaje de similitud alto (97%) lo que podría estar relacionado con la presencia de *S. portulacastrum* y *Maytenus octogona*.

En cuanto al resto de estaciones evaluadas en dicha época, la mayor parte de las estaciones evaluadas que presentan valores altos de similitud entre sí, registraron la presencia de *S. portulacastrum*. Por otro lado, las estaciones FF01 y FF02, si bien presentaron un porcentaje alto de similitud entre ellas (87%), los valores de similitud con las demás estaciones fueron bastante bajos.

Gráfico 4.2.16

Dendrograma de similitud de flora registrada por estación de evaluación – índice de Morisita-Horn – época de verano 2020

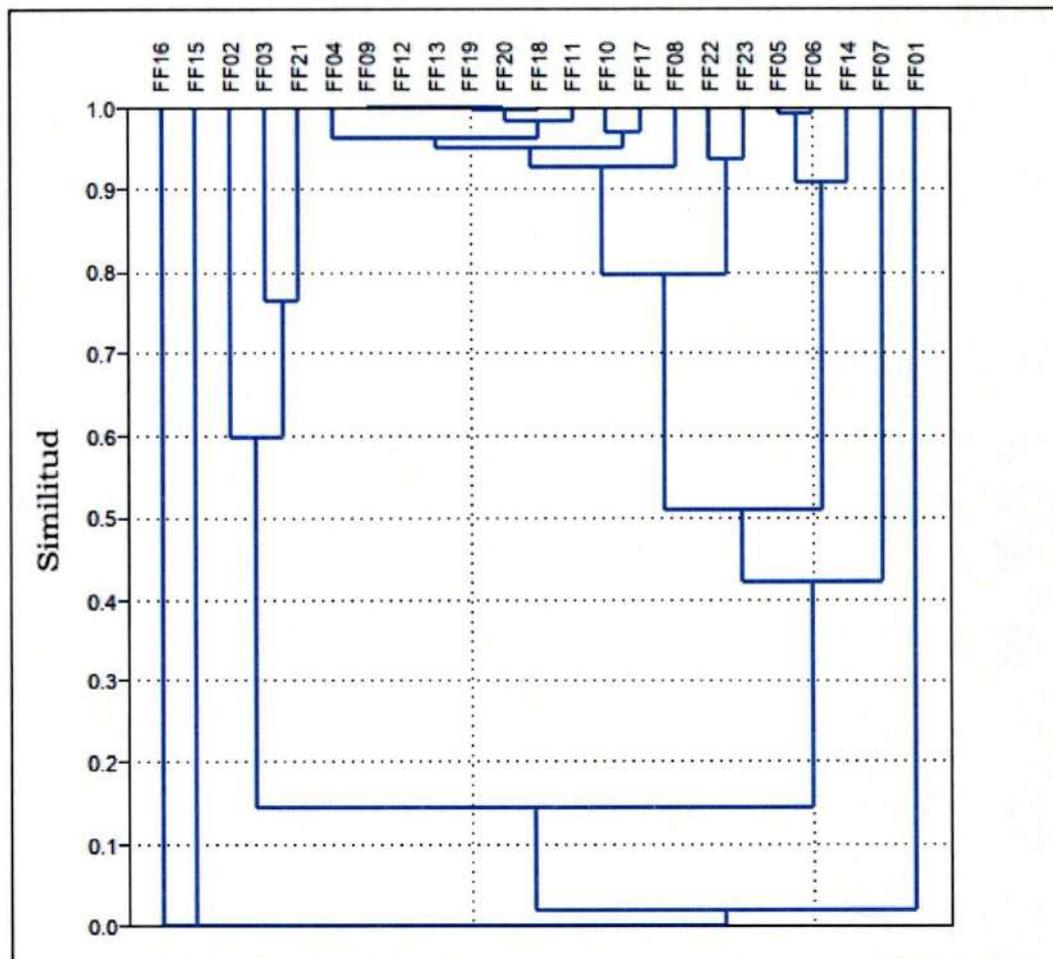


Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Del mismo modo, en cuanto a la evaluación de flora desarrollada durante la época de invierno, en la **Tabla 4.2.F18** se presentan los valores de similitud correspondientes. Tal como se observa en el **Gráfico 4.2.17**, las estaciones FF09, FF12, FF13, FF18, FF19, y FF20, presentaron la mayor similitud (100%). De manera similar a la época de verano, los valores de similitud altos entre las estaciones en esta evaluación están relacionados con la presencia de *S. portulacastrum*.

Gráfico 4.2.17

Dendrograma de similitud de flora registrada por estación de evaluación – índice de Morisita-Horn – época de invierno 2020



Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Análisis de similitud entre formaciones vegetales

Con la finalidad de conocer la similitud de la composición florística entre las formaciones vegetales evaluadas durante ambas épocas, se utilizó el índice de similitud de Jaccard. Los resultados de la similitud de la época de verano se muestran en el **Cuadro 4.2.5** y **Gráfico 4.2.18**. Como se observa, el valor más alto de similitud lo presentaron las formaciones vegetales “zona antropizada” y “semidesierto costero” (55%). Esto se debió principalmente a que en ambas formaciones la especie *S. portulacastrum* fue la más abundante. Por otro lado, el valor más bajo de similitud fue entre las formaciones “semidesierto costero” y “desierto costero” con 11%.

Los resultados para la época de invierno fueron similares a los de la época de verano. Las formaciones vegetales “zona antropizada” y “semidesierto costero” presentaron el valor de similitud más alto (64%). Mientras tanto, el valor más bajo de similitud lo presentaron las