

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**ANÁLISIS DE ZONAS GEOGRAFICAS PARA EL DESARROLLO DE
LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC), EN
LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE 2019**

TESIS

Presentado por:

Br. Claudio Marcelo Martínez Villalobos

Asesor

Dr. Ángel Canales Gutiérrez

Para Obtener el Grado Académico de:

MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TACNA – PERÚ

2020

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme iluminado en todas las circunstancias de la investigación, a mi esposa por comprenderme y darme las fuerzas en los momentos más complicados a mi hija Sofía por haberle quitado tiempo a ella, a mi hija Damaris por creer en este nuevo desafío y todos aquellos que en su momento se pusieron en mi camino guiándome y apoyándome con su tiempo e ideas, que han hecho posible que llegue a buen puerto con esta investigación.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a cada uno de los seres humanos que sienten la necesidad de revertir y aportar un granito de arena a la difícil situación que vive nuestro planeta en la actualidad. A mis hijas Sofía y Damaris, a mi esposa Isabel Palleres Cabezas, a mi madre Teresa Villalobos Alanís, por su apoyo, paciencia y comprensión en los momentos más complicados de mi vida y por darme las fuerzas para seguir adelante con esta expedición.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCION	15
CAPITULO I.....	16
1 EL PROBLEMA	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2 Formulación del Problema	17
1.2.1 (Interrogante General).....	17
1.2.2 (Interrogante Específica).....	17
1.3 Justificación de la Investigación (Problema)	18
1.4 Objetivos de la Investigación	19
1.4.1 Objetivo General	19
1.4.2 Objetivos Específicos.....	19
CAPITULO II	20
2 FUNDAMENTO TEORICO CIENTIFICO	20
2.1 Antecedentes Referenciales	20
2.2 Conceptos	27
2.3 Definición de Conceptos	30

CAPITULO III.....	33
3. MARCO METODOLOGICO	33
3.1 Hipótesis.....	33
3.1.1 (Hipótesis General)	33
3.1.2 (Hipótesis Específica)	33
3.2 Variables e Indicadores	34
3.2.1 Variable Dependiente.....	34
3.2.1.1 Desarrollo de Energías Renovables No Convencionales	34
3.2.1.2 Indicadores	34
3.2.1.3 Escala para la Medición de la Variable.....	34
3.2.2 Variable Independiente	35
3.2.2.1 Zonas Geográficas.....	35
3.2.2.2 Indicadores	36
3.2.2.3 Escala para la Medición de la Variable.....	36
3.2.3 Identificación de la Variable Interviniente.....	36
3.2.3.1 Cuadro de Resumen de las Variables e Indicadores	37
3.3 Tipo de Investigación	38
3.4 Nivel de Investigación.....	38
3.5 Ámbito y Tiempo Social de la Investigación.....	41
3.6 Población y Muestra.....	42
3.6.1 Unidades de Estudio.....	42
3.6.2 Población	45
3.6.3 Muestra.....	45
3.6.3.1 Procedimiento	45
3.7 Procedimiento, Técnicas e Instrumentos.....	47
3.7.1 Procedimiento	47
3.7.2 Técnicas de Recolección de Datos	49
3.7.3 Instrumentos de Medición.....	51
CAPITULO IV.....	54
4. LOS RESULTADOS	54

4.1 Descripción del Trabajo de Campo.....	54
4.1.1 Meses y horas luz solar en la Región Arica y Parinacota, (enero a septiembre 2018).....	54
4.2 Diseño de la Presentación de los Resultados	57
4.2.1 Horas sol / Irradiancia en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).....	57
4.2.2 Horas Sol / Temperatura en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).....	60
4.2.3 Horas Sol / Humedad en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).....	66
4.2.4 Horas Sol / Velocidad del Viento en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).....	74
4.3 Presentación de los Resultados	85
4.3.1 Medición	86
4.4 Prueba Estadística	89
4.4.1 Pendiente Andeva No Paramétrica.....	89
4.4.2 Altitud Andeva No Paramétrica	91
4.5 Comprobación de Hipótesis	93
CAPITULO V	102
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
5.1 Conclusiones	102
5.2 Sugerencias o Propuesta.....	103
Referencias Bibliográficas	105
ANEXOS	111
MATRIZ DE CONSISTENCIA	115

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Niveles De Radiación Solar De Cinco Desiertos Seleccionados Dentro De Las Áreas Con Mayor Radiación.</i>	39
<i>Tabla 2 Periodo De La Evaluación Social De La Investigación.</i>	41
<i>Tabla 3 Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 1 Con Una Superficie De 13.240 Há A Analizar.</i>	42
<i>Tabla 4 Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 2 Con Una Superficie De 120 Há A Analizar.</i>	43
<i>Tabla 5 Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 3 Con Una Superficie De 6.700 Há A Analizar.</i>	44
<i>Tabla 6 Monitoreo de Estación Meteorológica</i>	46
<i>Tabla 7 Instrumentos de Medida y Detalle de Medición.</i>	52
<i>Tabla 8 Horas Sol / Meses Del Año Periodo Enero A Septiembre.</i>	54
<i>Tabla 9 Horas Sol / Irradiancia En Sector Pampa Dos Cruces.</i>	57
<i>Tabla 10 Horas Sol / Irradiancia En Sector Quebrada El Águila.</i>	58
<i>Tabla 11 Valores Promedio Mensuales De (ISUV) Y Desviación Estándar Para Valores De Irradiancia Cercanos Al Mediodía Solar.</i>	59
<i>Tabla 12 Horas Sol / Irradiancia En Sector Pampa Camarones.</i>	59
<i>Tabla 13 Horas Sol / Temperatura En Sector Pampa Dos Cruces.</i>	60
<i>Tabla 14 Valores De R Obtenidos En La Fase De Validación De Cada Modelo.</i>	61

Tabla 15 <i>Horas Sol / Temperatura En Sector Quebrada El Águila.</i>	62
Tabla 16 <i>Horas Sol / Temperatura En Sector Pampa Camarones.</i>	63
Tabla 17 <i>Horas Sol / Humedad En Sector Pampa Dos Cruces.</i>	66
Tabla 18 <i>Horas Sol / Humedad en sector Quebrada El Águila.</i>	70
Tabla 19 <i>Horas Sol / Humedad En Sector Pampa Camarones.</i>	72
Tabla 20 <i>Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Pampa Dos Cruces.</i>	74
Tabla 21 <i>Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Quebrada El Águila.</i>	78
Tabla 22 <i>Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Pampa Camarones.</i>	82
Tabla 23 <i>Terrenos Bienes Nacionales Región Arica y Parinacota.</i>	88
Tabla 24 <i>Prueba De Contraste Sector El Águila</i>	93
Tabla 25 <i>Prueba De Contraste Sector Pampa Camarones.</i>	96
Tabla 26 <i>Prueba De Contraste Sector Dos Cruces.</i>	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Resumen del ejemplo de la variable dependiente, sobre el eje Y.</i>	35
Figura 2 <i>Resumen del ejemplo de la variable independiente, sobre el eje X.</i>	36
Figura 3. <i>Variable Interviniente</i>	37
Figura 4 <i>Mapa Mundial de Radiaciones Solares.</i>	38
Figura 5 <i>Mapa Radiación Global Horizontal en Chile Entre los Años 2009 y 2010.</i>	40
Figura 6 <i>Mapa de Ubicación del estudio sobre Radiación Solar (A,B,C) de las comunas de Arica y Camarones de la Región XV.</i>	41
Figura 7 <i>Zona 1 Emplazamiento Pampa Dos Cruces.</i>	42
Figura 8 <i>Zona 2 Emplazamiento Cuesta El Aguila.</i>	43
Figura 9 <i>Zona 3 Emplazamiento Pampa Camarones.</i>	44
Figura 10 <i>Gráfico de Construcción de Irradiancia Solar</i>	48
Figura 11 <i>Ejemplo de la varianza (ANDEVA) de las tres zonas de estudio.</i>	49
Figura 12 <i>Estación meteorológica PCE-FWS 20.</i>	50
Figura 13 <i>Heliógrafo de Campbell-Stokes.</i>	53
Figura 14 <i>Actinógrafo Bimetálico Robitzsch-Fuess 58cd.</i>	53

Figura 15 <i>Medición De Las Horas De Sol Y Meses De Año Entre Los Periodos De Enero A Septiembre 2018.</i>	55
Figura 16 <i>Índice De Radiación Ultravioleta, Diario En Arica A Mediodía Solar Considerando Nubosidad Entre Febrero Y Septiembre 2002.</i>	56
Figura 17 <i>Diagrama De Dispersión Entre La Radiación Solar Observada Y La Estimada Obtenida Por El Modelo M1.</i>	63
Figura 18 <i>Área De Estudio Y Estaciones Meteorológicas Utilizadas.</i>	68
Figura 19 <i>Correlación entre la altitud y el coeficiente de Variación.</i>	69
Figura 20 <i>Precipitación histórica y proyectada (1861-2100).</i>	69
Figura 21 <i>Mapa de tendencias de la precipitación del Norte Grande de Chile.</i> ..	73
Figura 22 <i>Ubicación Geográfica De Las Estaciones.</i>	75
Figura 23 <i>Velocidad Del Viento Pampa Dos Cruces A 10 Metros De Altura.</i>	76
Figura 24 <i>Velocidad Del Viento Pampa Dos Cruces A 50 Metros De Altura.</i>	77
Figura 25 <i>Velocidad Del Viento Quebrada El Águila A 10 Metros De Altura.</i>	80
Figura 26 <i>Velocidad Del Viento Quebrada El Águila A 50 Metros De Altura.</i>	81
Figura 27 <i>Coherencia entre la componente del viento a lo largo de la costa y el nivel del mar ajustado en Arica, Iquique y Antofagasta.</i>	83
Figura 28 <i>Velocidad Del Viento Pampa Camarones A 10 Metros De Altura.</i>	84
Figura 29 <i>Velocidad del Viento Pampa Camarones a 50 Metros de Altura.</i>	85
Figura 30 <i>Variación De Pendiente (%) Entre Las 3 Zonas De Estudio.</i>	89
Figura 31 <i>Movimientos Cosísmicos Superficiales De Los Terremotos De 1939 Y 1960 En Concepción. Chile Centro Sur.</i>	91
Figura 32 <i>Variación De Altitud (Msnm) Entre Las 3 Zonas De Estudio.</i>	91

Figura 33 <i>Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a septiembre 2018 en la zona del Águila Arica Chile.</i>	94
Figura 34 <i>Variación Temperatura Ambiental Quebrada El Aguila en 1 Año.</i>	95
Figura 35 <i>Variación Temperatura Ambiental Quebrada El Águila en 7 Años.</i>	95
Figura 36 <i>Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a septiembre 2018 en la zona Pampa de Camarones Arica Chile.</i>	96
Figura 37 <i>Variación Temperatura Ambiental Pampa Camarones en 1Año.</i>	97
Figura 38 <i>Variación Temperatura Ambiental Pampa Camarones en 7 años.</i>	98
Figura 39 <i>Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a septiembre 2018 en la zona pampa dos cruces Arica Chile.</i>	99
Figura 40 <i>Variación Temperatura Ambiental Pampa Dos Cruces en 1 Año.</i>	100
Figura 41 <i>Variación Temperatura Ambiental Pampa Dos Cruces en 7 años.</i>	100
Figura 42 <i>Visita a Terreno Planta Pampa Camarones.</i>	111
Figura 43 <i>Visita a Terreno Planta Pampa Camarones.</i>	112
Figura 44 <i>Visita a Terreno Planta Pampa Camarones.</i>	112
Figura 45 <i>Visita a Terreno Planta Pampa Camarones.</i>	113
Figura 46 <i>Visita a Terreno Planta El Águila</i>	113
Figura 47 <i>Visita a Terreno Planta El Águila</i>	114

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objeto de analizar la existencia de zonas geográficamente inmejorables en la región para el desarrollo de energías renovables no convencionales (ERNC), para ello se monitorearon diferentes puntos en la región de XV de Arica y Parinacota de Chile, como pampa Dos Cruces, pampa Camarones y cuesta El Águila, en un periodo de 9 meses de enero a septiembre del año 2018, para consolidar esta investigación se construyeron tablas comparativas de acuerdo a los objetivos específicos correlacionando los factores climáticos de acuerdo a las horas sol versus radiación solar, vinculados a las diferentes zonas geomorfológicas de la región. Se tomaron en cuenta datos históricos de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), los que fueron comparados y procesados mediante metodología correlacional con los datos obtenidos de los puntos meteorológicas de las zonas de interés. Luego de haber realizado el procesamiento de datos se puede concluir que existe una directa relación de los elementos meteorológicos con la geomorfología del lugar, donde se pueden implementar proyectos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Palabras claves: Irradiancia solar, Geomorfología, Factores Climáticos.

ABSTRACT

This research was carried out in order to analyze the existence of geographically unbeatable areas in the region for the development of non-conventional renewable energies (NCRE), for this purpose different points were monitored in the XV region of Arica and Parinacota of Chile, as Pampas Dos Cruces, Pampas Camarones and El Águila costs, in a period of 9 months from January to September of the year 2018, to consolidate this research comparative tables were constructed according to the specific objectives correlating the climatic factors according to the sun hours versus solar radiation, linked to the different geomorphological zones of the region. Historical data from the General Directorate of Civil Aeronautics (DGAC) were taken into account, which were compared and processed using a correlational methodology with the data obtained from the meteorological points of the areas of interest. After having performed the data processing it can be concluded that there is a direct relationship of the meteorological elements with the geomorphology of the place, where projects of Non-Conventional Renewable Energies (NCRE) can be implemented.

Keywords: Solar irradiance, Geomorphology, Climate Factors.

INTRODUCCION

El Proyecto tiene en consideración al análisis comparativo de la oferta Regional de áreas concesionadas por parte del Ministerio de Bienes Nacionales de Chile, para Instalar Proyectos de Energía Renovable No Convencionales (ERNC), del tipo fotovoltaico. Para esto existen varios sistemas de información geográfica (SIG), que pueden ser utilizados para los análisis de potenciales de las fuentes renovables de energía.

El ordenamiento territorial como disciplina científica, técnica, administrativa y política, posee un enfoque multidisciplinario, permitiendo ordenar el territorio para lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, el mejoramiento de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. La OT busca establecer un nuevo equilibrio entre los requerimientos del crecimiento económico, las necesidades de las comunidades y el respeto y cuidado por el medio ambiente. Además de ser una instancia de coordinación en materia de políticas, planes y programas relacionados con el desarrollo y ordenamiento del territorio, con el objetivo de incrementar los estándares de calidad de vida y reducir las brechas en materia de equidad urbana y territorial en Chile.

CAPITULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático (UNFCCC) persigue el objetivo de la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero a un nivel que no implique una interferencia peligrosa con el sistema climático, y que permita un desarrollo sostenible, como son las actividades industriales relacionadas con la energía (procesado, transformación, consumo...) que representan el 80% de las emisiones de CO₂ a escala mundial, la energía, es la fuente más importante de gases de efecto invernadero. Los principales gases de efecto invernadero producidos por el sector energético son el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) procedentes de la quema de combustibles fósiles, así como el de las minas de carbón, en disminución, y de las instalaciones de hidrocarburos y gas.

A nivel nacional el país depende de energías eléctricas, siendo un 70% provienen de fuentes fósiles, generadas por termoeléctricas y centrales hidroeléctricas a carbón, gas natural y petróleo que afectan, por decir lo menos, el medio ambiente y ecosistema nacional. En Chile, para proveer de electricidad a la población e industrias, existen cuatro sistemas eléctricos interconectados divididos principalmente por grandes regiones naturales. El primero es el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) que cubre el territorio comprendido entre las ciudades de Arica y Antofagasta; el segundo, el Sistema Interconectado Central (SIC), se extiende entre las localidades de Taltal y Chiloé. Al sur de

Chiloé, el Sistema de Aysén atiende el consumo de la Región XI y, finalmente, el Sistema de Magallanes que abastece a la Región XII.

A nivel local, Arica y Parinacota es una de las regiones que tiene uno de los suministros eléctricos más precarios, existiendo poca capacidad de generación y la conexión básicamente por la conductividad y las pérdidas. Estas últimas dependen mucho de la distancia y en grado muy importante de la temperatura, en días calurosos las pérdidas de transmisión y transformación se disparan.

La región de Arica y Parinacota, en especial la ciudad de Arica, recibe casi el 80% de su suministro normal por una línea de 220 kv y otra de 110 kv, ambas de la generadora Central Térmica de Tarapacá a más de 300 Km de distancia. Dicha central además debe alimentar tanto a las mineras de la Primera Región, como a la ciudad de Iquique.

Si bien, la región posee dos pequeñas generadoras que sirven como apoyo, una diésel en Arica y una pequeña hidroeléctrica de paso en la localidad de Chapiquiña, entre ambas cubren apenas el 50% del consumo de la región.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 (Interrogante General)

¿Cuáles serán las zonas geográficamente inmejorables, dentro de las políticas por parte del estado, para implementar áreas disponibles para proyectos de ERNC en las tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones)?

1.2.2 (Interrogante Específica)

- a) ¿Serán los factores climáticos de número de horas sol y radiación solar, las que influyan para implementar positivamente proyectos de ERNC en tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones) en relación a los factores de temperatura, humedad y velocidad del viento?

- b) ¿Será la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones?

1.3 Justificación de la Investigación (Problema)

Las energías renovables no convencionales (ERNC) surgen como una alternativa limpia, inagotable y amigable con el medio ambiente, que puede complementar los actuales sistemas de generación de energía.

Dadas las condiciones climáticas que posee la región liderada por sus altos niveles de radiación, su excepcional claridad, cielos despejados en casi toda la región, la zona posee un gran potencial para la producción de electricidad, calor y luz sobre la base de fuentes de recursos energéticos como la energía solar y en menor medida eólica. A esto se agrega que más del 60% de los suelos de Arica y Parinacota son fiscales, por lo cual existe el espacio necesario para desarrollar plantas de energía.

Más aún, en el año 2008 el Ministerio de Economía; Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Economía; Fomento y Reconstrucción, introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales, Ley 20257. En dicha ley se Obliga a las empresas generadoras eléctricas, con capacidad instalada superior a 200 mega watts, a comercializar un 10 % de energía proveniente de fuentes renovables no convencionales o de centrales hidroeléctricas con potencia inferior a 40.000 kilowatts, sean propios o contratados a partir del 1 de enero del año 2010.

La obligación regiría para las generadoras que suministran energía al Sistema Eléctrico Interconectado Central, SIC, e Interconectado del Norte Grande, SING. La normativa señala que este porcentaje exigido a las empresas eléctricas se logrará incrementando gradualmente el volumen de este tipo de energías, de

forma tal que, entre los años 2010 y 2014 sea de 5%, incrementándose en un 0,5% anual a partir del 2015, hasta alcanzar el 10% el año 2024.

Las generadoras que no cumplan con esta obligación deberán pagar un cargo de 0,4 UTM por cada mega watts hora (MWh) de energía renovable no convencional no acreditado, el que aumentará a 0,6 UTM en los casos de empresas que reincidan en incumplimiento.

La ley señala que las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) corresponderán a centrales hidroeléctricas pequeñas (menos de 20 MW de potencia máxima), y a proyectos que aprovechen la energía de la biomasa, la hidráulica, la geotérmica la solar, la eólica, de los mares, entre otras.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Realizar un análisis de los factores climáticos y geográficos de las tres zonas de interés para el desarrollo de los proyectos de Energía Renovable No Convencional, en tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones).

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar y correlacionar los factores climáticos de acuerdo a las horas sol y radiación solar, que influyen para implementar positivamente proyectos de ERNC en las tres zonas de estudios (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones), en relación a temperatura, humedad y velocidad del viento.

- b) Medir la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones.

CAPITULO II

2 FUNDAMENTO TEORICO CIENTIFICO

2.1 Antecedentes Referenciales

En Perú, se ejecutaron estudios que dicen relación con el: Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros, el cual concluyo que El monitoreo anual del IUV en la ciudad de Puno muestra claramente que a partir del mes de setiembre los valores del IUV están en la escala de muy alto, según la OMS. También se observa que en el IUV es aproximadamente estacionario en el verano, mientras que su comportamiento anual es aproximadamente sinusoidal (Huillca, et al 2017).

En Chile, se realizó una investigación denominada: Efecto de la altura en la radiación solar ultravioleta en Arica norte de Chile, entre los resultados más destacados obtenidos podemos mencionar: un aumento promedio en las dosis eritémicas de un 5.6%/km, lo cual muestra un buen acuerdo con datos experimentales, en los cálculos correspondientes a los índices de radiación solar ultravioleta encontramos que en ausencia de nubosidad el modelo teórico predice valores superiores a 20 (en una escala dónde valores de índice ultravioleta superiores a 14 son considerados extremos (Rivas et al, 2002 pp. 59-62).

En Colombia, se ejecutó el proyecto de investigación de:

Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica, donde tuvo como conclusión que los niveles de radiación en la zona norte de la península de La Guajira son adecuados para el desarrollo de instalaciones solares de tipo eléctrico y térmico. Las instalaciones de tipo eléctrico serían fotovoltaicas, ya sean conectadas a la red o aisladas. Los resultados obtenidos indican que tecnologías como la CSP son rentables debido a la cantidad de insolación e irradiación mayor a los 6,0 kWh/m² día (Venegas, et al, 2015).

En Perú Camayo, et al (2015), realizaron un estudio denominado Desarrollo del modelo bristow campbell para estimar la radiación solar global de la región de junin, Perú, que entrego como referencia que la cuantificación de la disponibilidad de la energía solar sirve de base para que sea posible el diseño de políticas y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías limpias que promuevan el desarrollo sostenible de la Región Junín y de todo Perú (Lapa, et al, 2019 pp. 220-234).

En Argentina, se desarrolló una investigación sobre:

Radiación solar horaria, modelo de estimación a partir de variables meteorológicas básicas, donde los resultados obtenidos muestran que sin datos de heliofanía también es posible estimar la radiación solar horaria satisfactoriamente a partir de variables normalmente provistas por estaciones meteorológicas de uso extendido en Argentina, además es trabajo permite concluir que las redes neuronales de tipo perceptrón multicapa son adecuadas para realizar buenas estimaciones de la radiación solar horaria, aun usando como única variable la temperatura (Sayago, et al 2011).

En Chile, se desarrolló una investigación denominada:

Datos experimentales de índice de riesgo solar medidos en Arica, norte de Chile durante al año 2002, el cual concluyo que los datos obtenidos de (ISUV) obtenidos en forma experimental a mediodía solar en Arica, norte de Chile, obtenidas por conversión de las mediciones de irradiancia solar UVB de un instrumento Solar Light 501. Se calcularon para todo el período los valores medios mensuales y las respectivas desviaciones estándar. Se observan niveles altos y muy altos de ISUV durante gran parte del año, producto de la ubicación tropical y de las condiciones climáticas particulares del lugar, con alto porcentaje del día despejado. En particular, de los nueve meses de los cuales se presentan datos, se observan registros superiores o iguales a $ISUV = 7$ (Alto) durante de 7 meses, también durante tres meses se observan un valor medio de ISUV mayor que 9.9, lo cual corresponde a una calificación Muy Alto (Rivas A. et al, 2002 p.61).

En España, realizo una investigación sobre:

Medida y Modelización de la irradiancia solar eritemática global sobre planos inclinados, el cual tuvo varias hipótesis como El análisis del MBD relativo en el caso de condiciones de cielo despejado muestra que, en la orientación norte, los modelos sobrestiman los valores experimentales más que en el caso anterior, mientras que para la orientación sur también la subestimación es mayor. Respecto a las orientaciones este y oeste se encuentran resultados similares al caso de todas las condiciones de cielo. Respecto al MAD y RMSD relativos, los resultados son peores que cuando se consideran todas las condiciones de cielo en las orientaciones norte, este y oeste (Serrano, et al 2010 pp.57-66).

En Chile, se ejecutó un análisis de:

Las tendencias de la precipitación en el norte grande de Chile y su relación con las proyecciones de cambio climático, y una de las conclusiones En

este sentido, se debe considerar que este trabajo comparó cómo las tendencias en la precipitación se asemejan a alguno de los más de treinta modelos proyectados de cambio climático, lo que constituye un ejercicio metodológico que ayuda a entender la existencia de trayectorias observadas en las tendencias, y que se podrían agudizar en el futuro. No obstante, la incertidumbre es tan grande que no es posible asegurar que los cambios proyectados, más aún a fines de siglo XXI, sean totalmente atribuibles al cambio climático, y diferenciar la fracción que puede ser parte de la variabilidad natural del sistema (Sarricolea, et al, 2017 pp.41-50).

En Chile, se ejecutó un trabajo de investigación referente a la: Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa del norte de Chile, el cual entrego una de las siguientes conclusiones, el nivel del mar no se relaciona bien con el viento, aunque dentro de ciertas bandas de frecuencia se observaron valores significativos. En Iquique y Antofagasta destaca la banda centrada a los 0,13 cpd (7,7 días) con valores de coherencia significativos a un 99% de confianza. Esta relación evidenciaría la existencia de un forzamiento local sobre las variaciones del nivel del mar (Pizarro, et al, 1994 pp.85-101).

En Chile, se presentó los resultados del análisis de los patrones de asentamiento durante el periodo Formativo en el valle de azapa en su manuscrito:

El paisaje en el ordenamiento territorial prehispánico durante en el periodo medio, del valle de azapa, norte de Chile, donde se halló una tendencia de la historia del poblamiento aldeano a través de las evidencias mayoritarias como fueron los cementerios, planteamos que la construcción de montículos funerarios durante el periodo agrícola Temprano (Formativo) pudo haber estado vinculado con manifestaciones visibles que permitieron demarcar como estrategia política los espacios y accesos a los recursos,

situación que habría cambiado en el periodo Medio debido a la estabilización del desarrollo agrícola y los contactos producidos con comunidades agrícolas entre ellas, grupos vinculado con la influencia Tiwanaku (Muñoz & Zalaquett, 2015 pp. 21-62).

En Chile, realizaron estudios referentes a:

Rol del clima y la tectónica en la evolución geomorfológica de los Andes Semiáridos chilenos entre los 27-32°S, los resultados que permiten interpretar el paisaje accidentado del territorio, muestra que los factores tectónicos, serían el control de primer orden en la segmentación geomorfológica del antearco, mientras que el control climático en las variaciones de la geomorfología se supedita al modelado glacial de valles que en respuesta al estímulo tectónico se encumbran sobre la mínima altitud de la línea de equilibrio glacial (Aguilar, et al, 2013).

En Colombia, se realizaron trabajos de investigación de:

Caracterización de superficies de erosión mediante geomorfología cuantitativa, Altiplano Antioqueño, Cordillera Central de Colombia, donde uno de sus importantes conclusiones indica el cálculo de la integral hipsométrica permitieron detectar que aunque aparentemente todo el Altiplano Antioqueño esté en una fase de madurez ($H_{si}=0.5$), dentro de cada subgrupo de las SE existen diferencias significativas en cuanto a su fase evolutiva. El hecho que 5 de 7 tipos de SE indiquen que hay desequilibrio o juventud, refleja la acción de procesos tectónicos, climáticos y superficiales que están afectando el relieve actual (Bustos, et al, 2013).

En Chile, se realizaron estudios en relación a la:

“Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el Altiplano del norte de Chile” donde se concluyó que si bien la precipitación del Altiplano del norte de Chile se concentra en verano, es posible encontrar

rachas de días secos de más de un mes en dicho período (Chucuyo Retén, Colchane, Cancosa y Coyacagua), los cuales según estos resultados se pueden incrementar en cerca de 18 días en el peor escenario de cambio climático, y en el período 2061- 2080. Ello tendría graves repercusiones en los ecosistemas de humedales y salares y obviamente, en las actividades económicas de ganadería y minería (Sarricolea & Romero, 2015 pp.169-183).

En Colombia, se desarrolló un estudio sobre la:

Evaluación de un modelo estadístico para estimar la radiación solar en Magdalena, Colombia, el cual concluyo que cuanto a las correlaciones estadísticas, se puede concluir que los datos recopilados y observados no presentan un ajuste significativamente estadístico en los diferentes tipos de modelos estudiados. Sin embargo, sí se puede establecer que la humedad relativa guarda una mayor relación o ajuste en los modelos con la radiación solar permitiendo concluir que es la variable climatológica que más influencia tiene sobre el modelo (Velez et al, 2015 pp. 54-63).

En Argentina, se desarrolló un trabajo denominado:

Estudio Potencial de Radiación Solar y de la Temperatura Ambiente en Lorica-Córdoba, donde sus resultados indicaron que se encontró que durante el pasado año la radiación solar diaria que en promedio incidió en la región de Lorica fue de 4898 w/m². Este resultado muestra que el potencial de radiación solar de esta región es significativamente alto, lo cual indica que esta región es atractiva para la instalación de plantas solares (Narvaez, et al, 2008).

En Colombia, realizó un estudio denominado:

Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares, el cual entrego como referencia que el prototipo de SSFV diseñado e instalado en la ZNI con topología con

conexión centrado en el controlador cumplió con el balance energético entre la generación de energía eléctrica y el consumo del sistema, aunque se evidenció que en los primeros tres días el consumo de potencia fue superior, en comparación a la potencia óptima de consumo de 480W, lo que pone en evidencia que el uso racional de la energía por parte de los habitantes del sitio no se cumplió durante los primeros días de prueba, pero los días posteriores de estudio se cumplió con el objetivo estipulado en el diseño, por lo que se concluye que se puede concientizar a las personas para que usen racionalmente la energía y de esta manera optimizar el funcionamiento del sistema instalado ya que este tiene como fin mejorar las condiciones de vida de los habitantes (Arrieta, et al, 2012 pp.97-107)

En Bolivia, realizaron un estudio denominado de Modelos de estimación de la radiación solar para el altiplano central de Bolivia, en el cual se concluyó en los estudios que dos de los modelos han sido analizados, y por los resultados encontrados, se puede afirmar que ambos presentan las mismas características, sin embargo, por la simplicidad e inmediatez se puede trabajar perfectamente con el modelo de Hargreaves Samani, sin sacrificar precisión. Por estas consideraciones se concluye que: a) la aplicación de los modelos considerados es perfectamente posible, b) los errores son mínimos y fácilmente superables, y: c) la transmitancia atmosférica evaluada en el modelo de Hargreaves Samani es ligeramente superior a la recomendada por los autores del método: es decir: 0.1661 (Torrez, et al 2013).

2.2 Conceptos

(Calentamiento Global)

El cambio climático es asignado directa e indirectamente a la influencia que tiene el hombre sobre el hábitat que lo rodea, de acuerdo a la Convención Marco (CMCC), sin embargo, otros estudios indican que el cambio climático se debe a las alteraciones que sufre el clima del mundo, en relación a sus variables como la temperatura, precipitaciones intensas (**Miller, 2007**).

A nivel mundial existe un consenso general que el clima global se ha ido incrementando progresivamente, debido a la acumulación de gases invernaderos como dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos (**Houghton, 1992**), a este Efecto Invernadero se define como un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra tiende calentarse (**Barry & Chorley, 2003**), por último se considera que el cambio climático tiene directa relación con la emisión de partículas de gases producto de la utilización de combustibles fósiles (**Begoña, 2008**).

(Cambio Climático)

El aumento de la temperatura media cerca de la superficie del planeta, a nivel del mar en media global y su revestimiento de nieve en el hemisferio norte, en el periodo del siglo XX. Fuente: IPCC-AR4 (**Christensen, et al, 2007**). Acrecentado la temperatura de forma lineal en los últimos cien años (1906-2005), que ha variado en 0.7 [entre 0.56° C y 0.92° C] y que en realidad ha sido más marcado que la señalada por el TIE, que era de 0.6 [entre 0.4° C y 0.8° C] (1901-2000). Entre 1956 y 2005, el recalentamiento lineal (0.13 [entre 0.10° C y 0.16° C] por decenio) ha aumentado en casi el doble del observado en los cien años cursados desde 1906 hasta 2005, según el (**IPCC, 2002**). De igual forma en las latitudes del Sur de América, el descenso de la temperatura en la costa y el aumento de las temperaturas en el sector de la cordillera de los Andes se ve acentuado en las regiones del centro y norte de Chile (**Falvey & Garreaud, 2009**).

(Energía Renovable)

La energía renovable se le denomina a la energía que se adquiere de zonas naturales aparentemente inagotables, ya que por la innumerable cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de renovarse por medios naturales **(Elortegui, 1998)**.

En términos de energía, la radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra es extraordinariamente grande. Así, la fotosíntesis artificial es una aproximación importante, la cual surge debido al nacimiento de una ciencia llamada biocinética **(Kalyanasundaram & Gratzel, 1993)**, una de estas son las energías solar fotovoltaica la cual produce electricidad de origen renovable **(Pearce, 2012)**, el descubrimiento del efecto fotovoltaico constituyó uno de los más importantes aportes a la ciencia en el siglo XIX. **(Becquerel, 1839)**, desafortunadamente la eficiencia de conversión de energía de los módulos FV tiende a ser mínima y por lo que no se aprovecha al máximo la energía solar incidente **(Cepal, 1996)**.

(Ordenamiento Territorial)

En la actualidad en Chile el Ordenamiento territorial se da a través de una macro partición del territorio en 4 unidades, estas son: nación, región, intercomunal y comunas, la base de su estructura normativa son leyes, ordenanzas y decretos de acuerdo a la Ordenanza General Urbanismo y Construcción **(Cross, 2016)**.

El ordenamiento, el territorio ha sido definido de acuerdo a una planificación administrativa y territorial, el cual considera instrumentos de planificación territorial (IPT) a nivel nacional, regional, planes reguladores intercomunales o metropolitanos, comunales y seccionales **(MINVU, 2018)**.

En relación al marco normativo vigente que crea las bases generales de administración del estado se encuentra el DFL N°458 del 13/04/1976 Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), y su ordenanza (OGUC), actualiza por Ley N°21.074 al 15/02/2018, a nivel nacional, la política nacional de desarrollo urbano entro en vigencia el año 1979, la cual se actualizo con el decreto N°78 del

año 2014, vigente a la actualidad, a nivel regional el (PRDU), según art. 2.1.5 OGUC, el plan regional de desarrollo urbano vigente con fecha 14/02/2014 que cuenta la región estableció un (PRC), según art. 2.1.10 OGUC, el plan regulador comunal de Arica, de acuerdo a Resolución Exenta N°4 del 11/07/2009, vigente hasta ahora encontrándose su modificación con fecha de inicio mayo del 2015 y fecha de término Agosto de 2017, el PRC de Camarones de fecha 05/08/1944, vigente en la actualidad de acuerdo a decreto N°153 del 12/11/1987, vigente a la actualidad (MINVU, 2019)

(Radiación Solar)

En la actualidad podemos ratificar que la RUV se fracciona en radiación ultravioleta A (UVA), B (UVB) y C (UVC), donde la UVC es depurada por la capa de ozono en la estratósfera y solo la A y B incurren en la superficie de la tierra y, de igual forma en nuestra piel. La Rayos Ultra Violeta conforman el 6% de la radiación solar obtenida y, de cual, el 5-10% corresponde a UVB y el 90-95% a UVA, asimismo se reconoce que a mayor altitud se puede absorber mayor cantidad de radiación solar (Sambandan & Ratner, 2011)

En la región Incaica no se cuenta con antecedentes sobre la influencia de las neoplasias en la piel, si bien se reconoce que el proyecto Globocan a realizado algunas ponderaciones, las cuales toman como referencia variable que absorben datos estadísticos de la región (International Agency for Research on Cancer, 2006), Sin embargo, la Dirección General de Epidemiología (DGE) (MINISTERIO DE SALUD, 2012) ha ejecutado un estudio de la condición de esta enfermedad llamada cáncer a nivel nacional.

(Irradiación y Temperatura)

La energía solar existente en lugar determinado es conocida como irradiación y está clasificada en unidades de watio por metro cuadrado (W/m^2) (Ropp & Hohn, 2007). La irradiación solar fluctúa de acuerdo a la distancia al sol; la Organización Mundial de Meteorología (World Meteorological

Organization WMO) confirmó que la irradiación media es de 1365 W/m^2 a unidad astronómica (Hyder, et al, 2000).

En relación a los movimientos de traslación de la Tierra y de los satélites en su órbita, la irradiación que recibe un picosatélite varía entre $1328,66 \text{ W/m}^2$ y $1421,06 \text{ W/m}^2$ (Hernández, et al, 2012), en relación a la temperatura de los CubeSat, se han ejecutado análisis térmicos referenciados diferentes tipos de modelos, los que muestran diferencias entre los $-85 \text{ }^\circ\text{C}$ a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ (Arroyo, 2009).

2.3 Definición de Conceptos

1. Cambio Climático: es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales, como por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO_2 y otros gases que atrapan calor, o alteración del uso de grandes extensiones de suelos que causan, finalmente, un calentamiento global. (IPCC, 1997).

2. Calentamiento Global: es un aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre que se ha estado observando desde finales del siglo XIX. Se ha observado un aumento de aproximadamente $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ desde que se realizan mediciones confiables, dos tercios de este aumento desde 1980. Hay una certeza del 90% (actualizada a 95% en el 2013) de que la causa del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero que resultan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo) y la deforestación. (IPCC, 1997).

3. Fuentes No Convencionales de Energía: Las FNCE o fuentes de energía renovables son aquellas que no provienen de fósiles e incluyen el viento, el sol, la energía almacenada como energía interna en el aire (aerotérmica), debajo de la superficie de la tierra (geotérmica) y en el agua (hidrotérmica), la energía de

los océanos, la hidráulica, la biomasa, los gases producidos en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales, y los biogases (**The European Parliament and the Council of the European Union, 2009**).

4. Territorio: Se ha sido definido como un medio codificado, con sentido cultural, social, político o espacial, donde las expresiones de los actores (elementos territoriales de interés) a lo largo de cierto tiempo, conforman la dinámica del territorio (**Ballesteros T., et al., 2010**).

5. Ordenamiento Territorial: con enfoque ecológico, es una herramienta que permite caracterizar la estructura y dinámica del sistema territorial (**Gómez O, 1994**).

6. Efecto Invernadero: se refiere al papel que desempeña una capa de gases que retiene el calor del Sol en la atmósfera de la Tierra, haciendo que la temperatura interior sea más alta que la exterior. (**Barry & Chorley, 1978**).

7. Celda Fotovoltaica: es la conversión directa de luz en electricidad a nivel atómico. Algunos materiales presentan una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico que hace que absorban fotones de luz y emitan electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. (**Becquerel, 1839**).

8. Radiación Solar (Constante Solar): Se entiende así la cantidad de energía por unidad área y tiempo que, a la distancia de una Unidad Astronómica o distancia media entre Tierra y Sol, que alcanza nuestro planeta procedente de éste último. (**Angstrom, 1970**).

9. Radiación: es el medio de que disponen los cuerpos distantes y aislados para intercambiar energía con los del exterior. Lo hacen emitiendo ondas electromagnéticas de diferentes longitudes de onda y planos de polarización, en

función de sus estados excitados o, si se observa de forma macroscópica de la temperatura a que se encuentran. **(Selby, 1985).**

10. Ozono: El ozono es la forma alotrópica del oxígeno, que sólo está estable en determinadas condiciones de presión y temperatura. Y está compuesta por una molécula formada por tres átomos de oxígeno, altamente reactiva por lo que puede ser destruida formando oxígeno bipolar y liberando un átomo de oxígeno en solitario. **(Fabry Ch., 1913).**

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1 Hipótesis

3.1.1 (Hipótesis General)

El análisis comparativo de los factores climáticos y geográficos en las tres zonas de interés (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones), demuestran que son las zonas más óptimas para el desarrollo de los proyectos de Energía Renovable No Convencional.

3.1.2 (Hipótesis Específica)

- a) Los factores climáticos de acuerdo a las horas sol y radiación solar, influyen positivamente para implementar proyectos de ERNC en las tres zonas de estudios (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones) en relación a los factores de temperatura, humedad y velocidad del viento.
- b) La zona de pampa Dos Cruces, es la que presente la mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones.

3.2 Variables e Indicadores

3.2.1 Variable Dependiente

3.2.1.1 Desarrollo de Energías Renovables No Convencionales

Las variables dependientes para el proyecto, de ERNC, que intervienen corresponden a los parámetros de Temperatura, Humedad, Horas Sol, Velocidad del Viento y Radiación Solar.

3.2.1.2 Indicadores

Indicador = Elementos Climatológicos

El indicador correspondiente para este proyecto, en la variable dependiente tiene un valor cuantificable entre un valor mínimo y uno máximo, para cada uno de los elementos climatológicos, de acuerdo a su rango de medición.

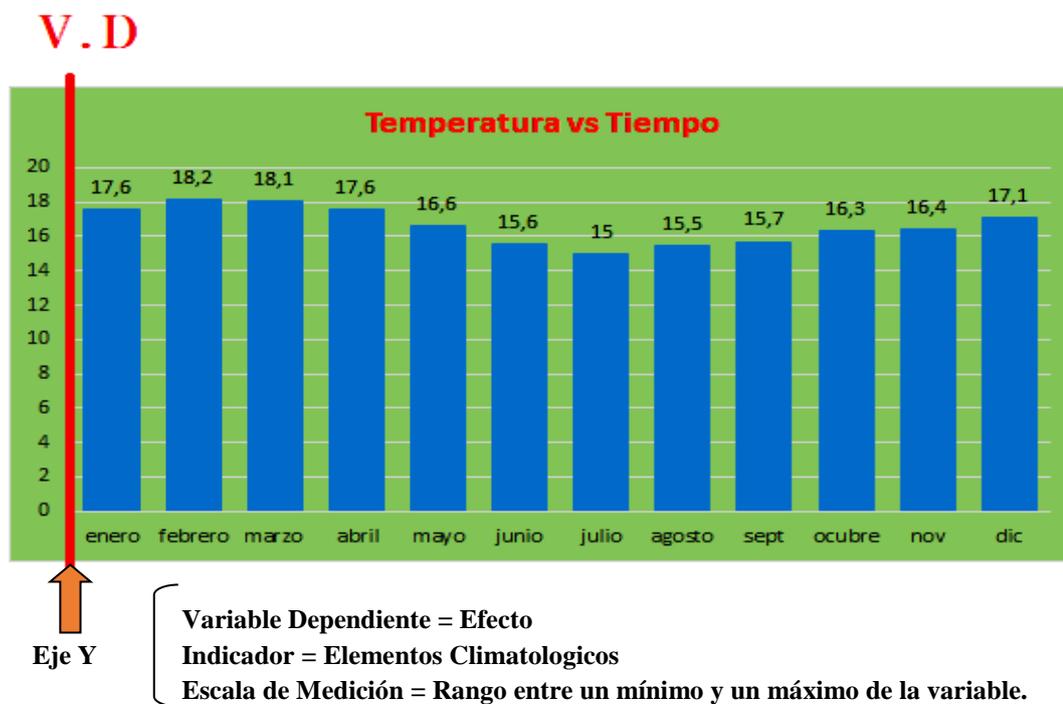
3.2.1.3 Escala para la Medición de la Variable

Para las variables dependientes (climatológicas) que intervienen en el proyecto de ERNC, se consultan la medición y correlación de estos parámetros, que se indican en el siguiente cuadro.

Variable Dependiente	Escala de Medición
Temperatura	Rango entre 15° a 30°
Humedad	Rango entre 60° a 80°
Horas Sol	Rango entre 6am y 18pm
Velocidad del Viento	Rango entre 2 a 6 m/s
Radiación Solar	Rango entre 80 a 250kwh/m2

Figura 1

Resumen del ejemplo de la variable dependiente, sobre el eje Y.



Fuente. Elaboración propia (2018).

3.2.2 Variable Independiente

3.2.2.1 Zonas Geográficas

La variable independiente para el proyecto, corresponde al catastro de las áreas adecuadas para emplazamiento de proyectos ERNC, las cuales se distinguen en el siguiente cuadro.

Sector	Región	Lugar	Coordenadas	Superficie
1	XV	Pampa dos Cruces	18°27'56.77"S 70°10'20.78"O	13.240 Ha
2	XV	Cuesta El Águila	18°28'56.58"S 70° 4'41.90"O	120 Ha
3	XV	Pampa Camarones	18°39'23.76"S 70°13'27.77"O	6.700 Ha

3.2.2.2 Indicadores

Indicador = Rango de Tiempo

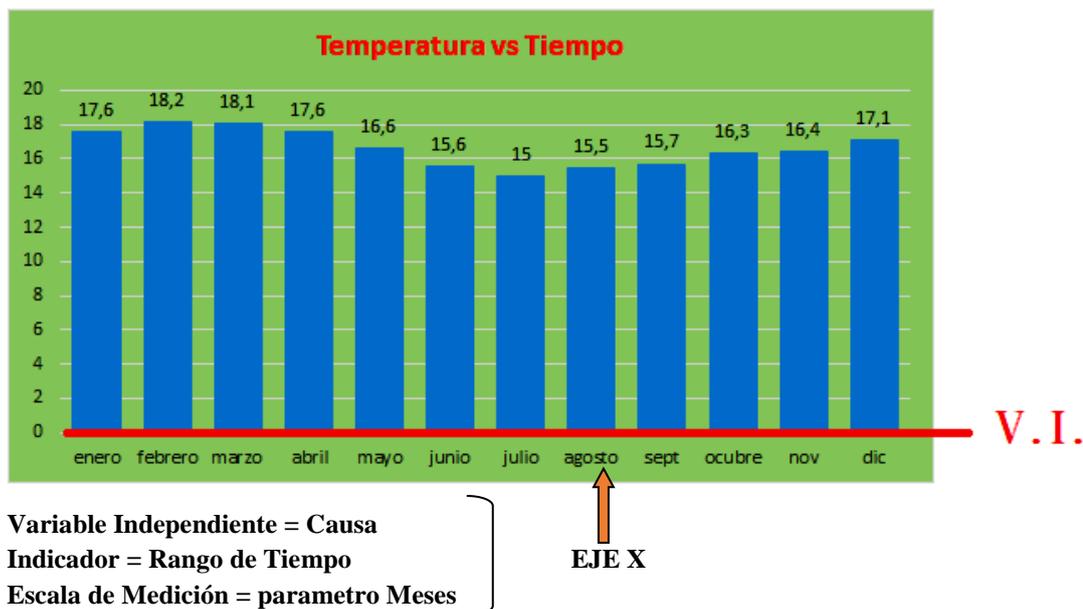
El indicador correspondiente para este proyecto, en la variable independiente tiene una valorización de rango de tiempo.

3.2.2.3 Escala para la Medición de la Variable

El parámetro para medir la escala de esta variable independiente, corresponderá al rango de tiempo = meses.

Figura 2

Resumen del ejemplo de la variable independiente, sobre el eje X.



Fuente. Elaboración propia (2018).

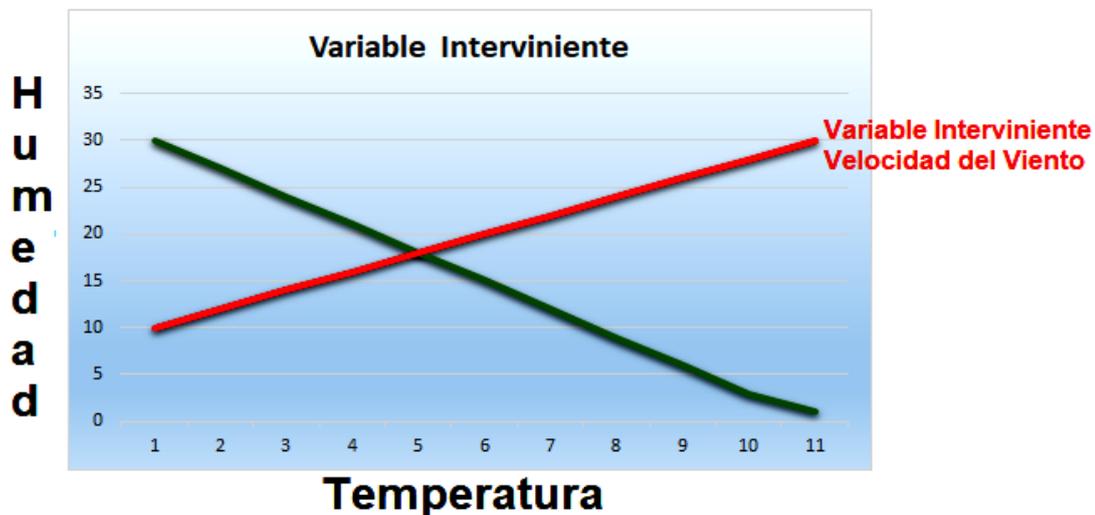
3.2.3 Identificación de la Variable Interviniente

Para las variables dependientes (climatológicas) que intervienen en el proyecto de ERNC, como por ejemplo Humedad v/s Temperatura, se puede considerar como

una variable interviniente un parámetro climatológico como, por ejemplo, la velocidad del viento, lo cual se ve graficado en la figura siguiente:

Figura 3.

Variable Interviniente



Fuente. Elaboración propia (2018).

Nota: Intervención de la variable interviniente (Velocidad del Viento) en relación a los parámetros climatológicos (Humedad y Temperatura), la variable interviniente afectará a los otros dos factores si esta incrementa su velocidad lo cual provocaría que sus mediciones se vean alteradas.

3.2.3.1 Cuadro de Resumen de las Variables e Indicadores

Identificación de las Variables			
Variable Independiente	Indicadores	Variable Dependiente	Indicadores
Zonas Geográficas	Zona 1 Pampa Dos Cruces	Desarrollo de ERNC	Temperatura Humedad Horas Sol Velocidad del Viento Radiación Solar
	Zona 2 Quebrada El Águila		
	Zona 3 Pampa Camarones		

3.3 Tipo de Investigación

Investigación Inferencial

Correlacional: La investigación correlacional, consiste en medir el grado de asociación entre variables dependientes Y1 y Y2. Ninguna de estas variables es fijada o manipulada por el investigador, requiere hipótesis y aplicación de prueba estadística.

3.4 Nivel de Investigación

A continuación, se detalla la forma del procedimiento de evaluación que requiere esta Investigación:

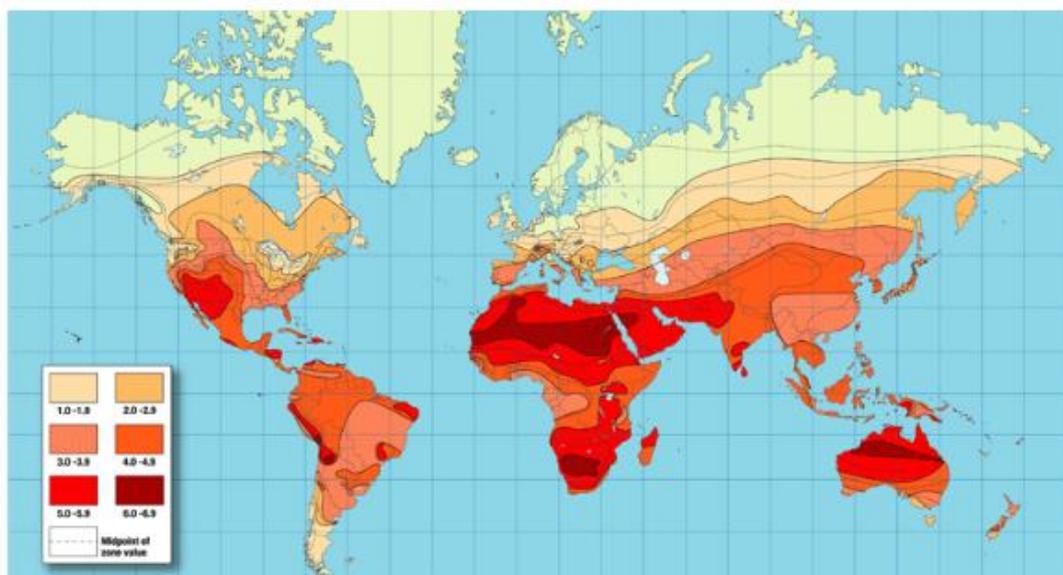
1. EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RECURSO SOLAR

2. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

- Localización
- Climatología

Figura 4

Mapa Mundial de Radiaciones Solares.



Fuente: (FSEC) Florida Solar Energy Center, (2015).

Nota: La Estimación de las máximas radiaciones solares que se proyectan en lugares del mundo como el continente africano, el continente australiano o en las regiones ecuatoriales del globo terráqueo.

Tabla 1

Niveles De Radiación Solar De Cinco Desiertos Seleccionados Dentro De Las Áreas Con Mayor Radiación.

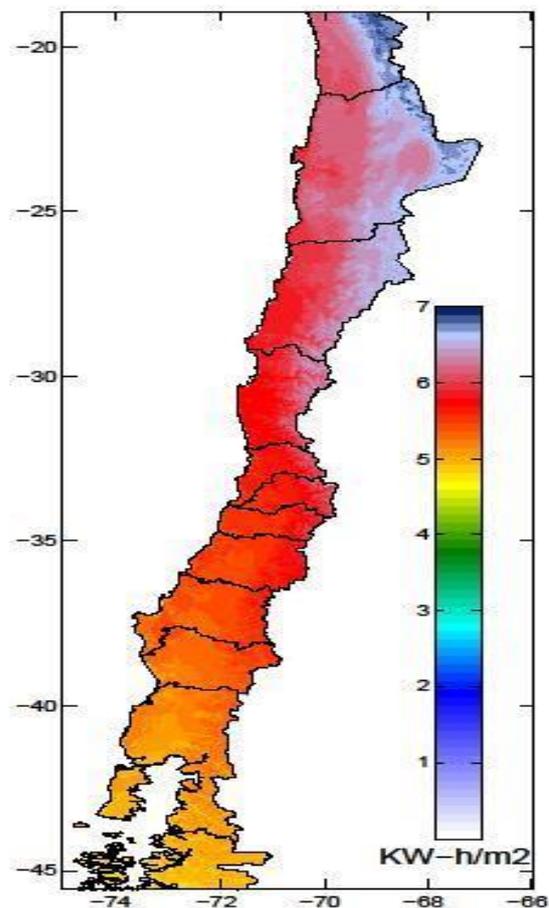
Desierto / Ubicación	Radiación Máx. Anual (Wm^2)	Km^2 Para Generar 3TW
Sahara, África	260	144,2
Great Sandy, Australia	265	141,5
Arábigo, Medio Oriente	270	138,9
Atacama, Chile	275	136,4
Great Basin, EE.UU.	220	170,5

Fuente. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, (2009-2010).

Se puede comprobar que el desierto de Atacama se encuentra en el primer lugar de radiación con un área menor de superficie requerida para generar una unidad de energía. Particularmente, en los estudios realizados por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile entre los años 2009 y 2010, se encontró que la máxima radiación global horizontal de cielo despejado se encuentra en la zona cordillerana del Norte de Chile y presenta valores de radiación entre los más grandes del planeta.

Figura 5

Mapa Radiación Global Horizontal en Chile Entre los Años 2009 y 2010.



Fuente: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile, (2012).

Nota: El Mapa de radiación global horizontal, muestra los estudios realizados por la Universidad de Chile, en los años 2009 y 2010, se encontró que la máxima radiación global horizontal de cielo despejado se encuentra en la zona cordillerana del Norte de Chile y presenta valores de radiación entre los más grandes del planeta.

- Determinación de la serie mensual de irradiación solar global.
- Generación de la serie horaria de irradiación solar global.
- Cálculo de la serie horaria de irradiación solar directa

3.5 Ámbito y Tiempo Social de la Investigación

Figura 6

Mapa de Ubicación del estudio sobre Radiación Solar (A,B,C) de las comunas de Arica y Camarones de la Región XV.



Fuente: Elaboración Propia (2018).

Tabla 2

Periodo De La Evaluación Social De La Investigación.

ZONAS	TIEMPO SOCIAL DE INVESTIGACIÓN			
	SOCIAL	TIEMPO INVESTG.	SOCIAL	PROMEDIO INVESTG.
1	81 días	189 días	30%	70%
2	81 días	189 días	30%	70%
3	81 días	189 días	30%	70%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

3.6 Población y Muestra

3.6.1 Unidades de Estudio

Región de Arica y Parinacota, comuna de Arica y Camarones.

Tabla 3

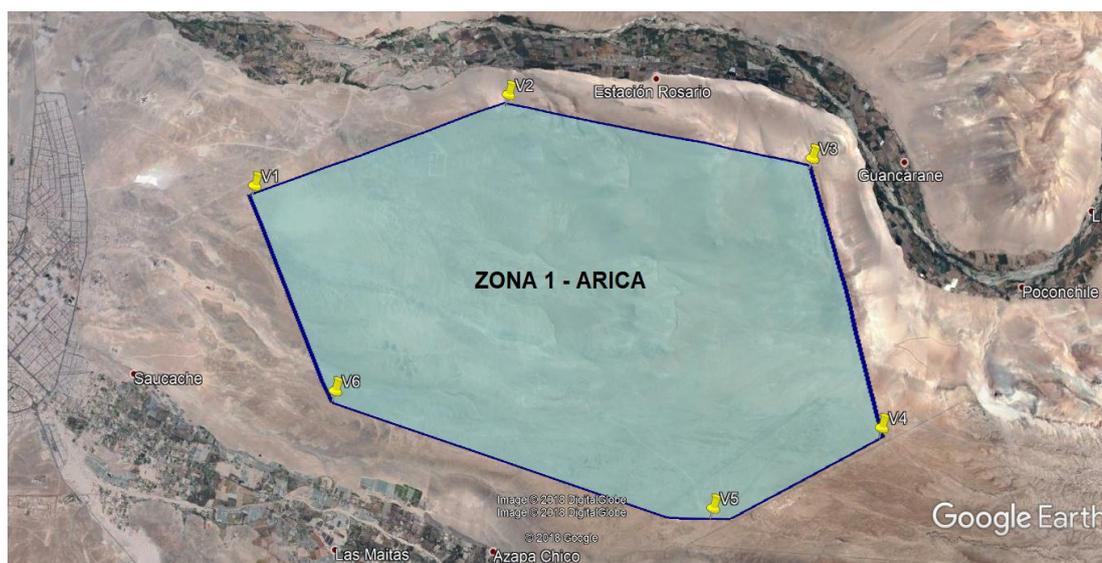
Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 1 Con Una Superficie De 13.240 Há A Analizar.

VÉRTICE	UTM DATUM WGS 84	
	NORTE	ESTE
V1	7960177.71	368817.57
V2	7962770.21	374713.65
V3	7961875.86	381991.30
V4	7956019.15	384103.23
V5	7953871.81	380348.86
V6	7955681.64	371177.34

Fuente. Elaboración propia, (2018).

Figura 7

Zona 1 Emplazamiento Pampa Dos Cruces.



Fuente: Elaboración Propia, (2018).

Nota: Muestra el polígono definido por los vértices 1,2,3,4,5,6, el valor promedio de dichos vértices, $18^{\circ}27'56.77''S$: $70^{\circ}10'20.78''O$, será denominado en adelante emplazamiento.

Tabla 4

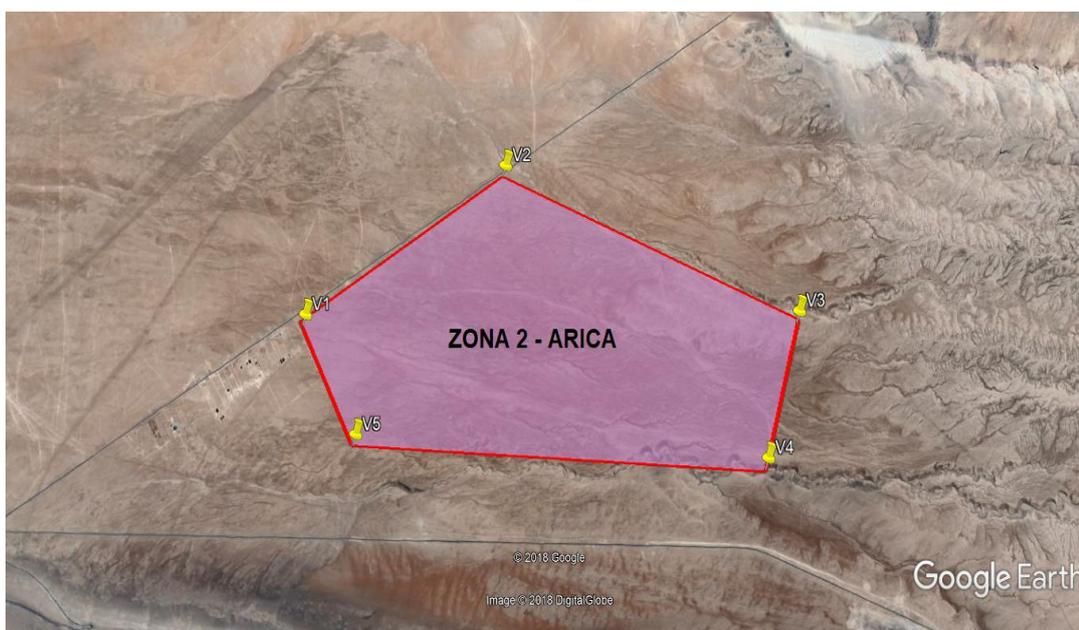
Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 2 Con Una Superficie De 120 Há A Analizar.

VERTICE	UTM DATUM WGS 84	
	NORTE	ESTE
V1	7954786.20	382542.79
V2	7955871.58	384173.69
V3	7954947.93	386603.26
V4	7953937.11	386391.10
V5	7953969.63	382991.42

Fuente. Elaboración propia, (2018).

Figura 8

Zona 2 Emplazamiento Cuesta El Aguila.



Fuente: Elaboración Propia (2018).

Nota: Muestra el polígono definido por los vértices 1,2,3,4,5, el valor promedio de dichos vértices, $18^{\circ}28'56.58''S$: $70^{\circ} 4'41.90''O$, será denominado en adelante emplazamiento.

Tabla 5

Coordenadas De Los Vértices Que Definen El Emplazamiento De La Zona 3 Con Una Superficie De 6.700 Há A Analizar.

VERTICE	UTM DATUM WGS 84	
	NORTE	ESTE
V1	7939334.78	369324.11
V2	7934194.64	369576.00
V3	7925974.41	371683.21
V4	7925799.97	367702.22
V5	7939140.13	366902.15

Fuente. Elaboración propia, (2018).

Figura 9

Zona 3 Emplazamiento Pampa Camarones.



Fuente: Elaboración Propia (2018).

Nota: Muestra el polígono definido por los vértices 1,2,3,4,5, el valor promedio de dichos vértices, 18°39'23.76"S : 70°13'27.77"O, será denominado en adelante emplazamiento.

3.6.2 Población

a). Área de Influencia

Se analizaron 3 zonas correspondiente a la Depresión Intermedia del desierto seco, con una extensión que alcanza unos 40km de ancho y cuyas alturas van desde 500 a 2.900 msnm. Correspondiente a la Región de Arica y Parinacota, administrada territorialmente por 4 comunas de Arica, Putre, Camarones y General Lagos, con una superficie total de 16.873,30 km². Y una población de 226.068 habitantes, de acuerdo a Censo del 19 de Abril de 2017 del Instituto de Nacional de Estadística (INE).

b). Monitoreo

La recopilación de datos considera el 100% de la muestra de estaciones meteorológicas, en el parámetro de factores climáticos como temperatura, humedad y velocidad del viento, para los meses que se sacaran los datos.

3.6.3 Muestra

Para el trabajo de investigación por su naturaleza, el tamaño de muestra resultante es igual a la población que habita en cada comuna específica de monitoreo siendo estas las comunas de Arica con una población global de 221.364 habitantes y la de Camarones con una población global de 1.255 habitantes.

3.6.3.1 Procedimiento

El procedimiento que se consideró para la investigación, es el retiro de datos mensuales de las 3 áreas específicas de monitoreo, de las estaciones meteorológicas fijas y móviles, administradas por la empresa de energía E-CL, ahora Engie Energía Chile que se encuentra conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN), para este se considera un procedimiento de 4 fases:

1) Frecuencia y Horario de Monitoreo

1.a) La Estación Meteorológica Virtual

La mayor parte de los sistemas de instrumentación, constan de varios componentes para realizar una medición y registrar los resultados. Por lo general son tres los elementos principales, un dispositivo de entrada, un acondicionador de señal o de procesamiento y un dispositivo de salida.

El dispositivo de entrada recibe la variable física a medir y envía una señal eléctrica proporcional al dispositivo de salida, aquí se amplifica, se filtra o se modifica en un formato adecuado. Este puede ser un medidor simple o una computadora digital para la manipulación de los datos.

La estación meteorológica desarrollada cuenta con los mismos elementos de un sistema de instrumentación común como se muestra en la figura 1.

1.b) Monitorización del Recurso Solar y sus variables intervinientes

El funcionamiento de la estación meteorológica, dará comienzo por un periodo de 6 meses y durante las 3 primeras semanas de funcionamiento, se monitoreará si la estación ha registrado correctamente los datos.

Con el objeto de evaluar la calidad de los datos proporcionados por la estación, se someterá a diversas comprobaciones, que básicamente tienen que ser en forma visual y su horario se describe, en la siguiente tabla 6.

Tabla 6

Monitoreo de Estación Meteorológica

Monitoreo Estación Meteorológica Funcionamiento las 24 horas			
V. Independiente	V. Dependiente	Día	Semana
Zona 1	Temperatura	La estación registrará datos diarios, hora a hora, de los cuales se sacará un promedio diario, para efecto del proyecto.	Un funcionario recogerá los datos cada 15 días.
Zona 2	Humedad		
Zona 3	Horas Sol		
	Velocidad del Viento		
	Radiación Solar		

Fuente. Elaboración propia, (2018).

3.7 Procedimiento, Técnicas e Instrumentos

3.7.1 Procedimiento

a) Variables que van hacer analizadas

Para el proyecto se consultan las 2 variables una Independiente y otra dependiente, las cuales se distinguen en los siguientes parámetros:

b) Variable Independiente

1. Zona 1, pampa Dos Cruces
2. Zona 2, quebrada El Águila
3. Zona 3, pampa Camarones

c) Variable Dependiente

1. Temperatura
2. Humedad
3. Horas Sol
4. Velocidad del Viento
5. Radiación Solar

d) Aplicación de Estadística.

El proyecto a evaluar considera dos pruebas de estadísticas paramétricas tales como:

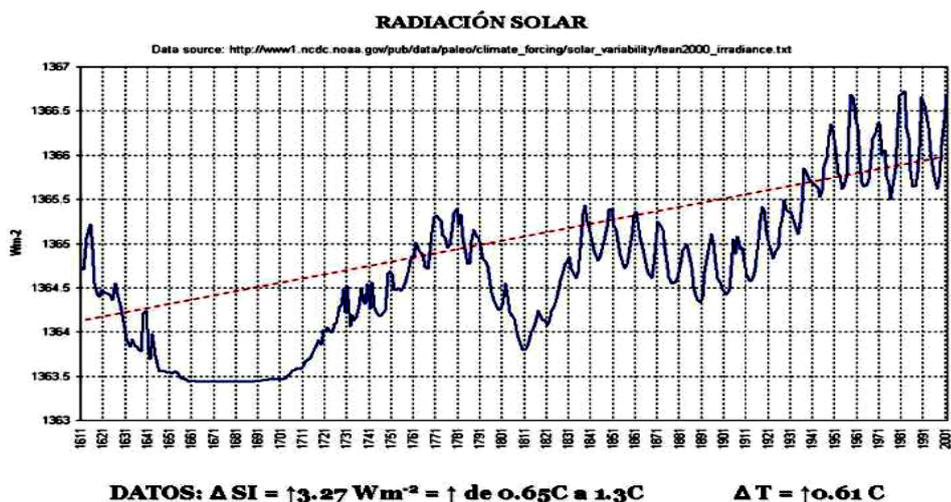
1.a) Correlación

En estadística, la **correlación** indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y B) existe correlación entre ellas si al disminuir los valores de A lo hacen también los de B y viceversa.

La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad.

Figura 10

Gráfico de Construcción de Irradiancia Solar



Fuente. Nasa, (2004)

Nota: Solar Irradiance reconstruction IGBP PAGES/wordl data enter for Paleoclimatology Data Contribution Series N°2004-035NOAA/NGDC Paleoclimatology Program Boulder CO, USA

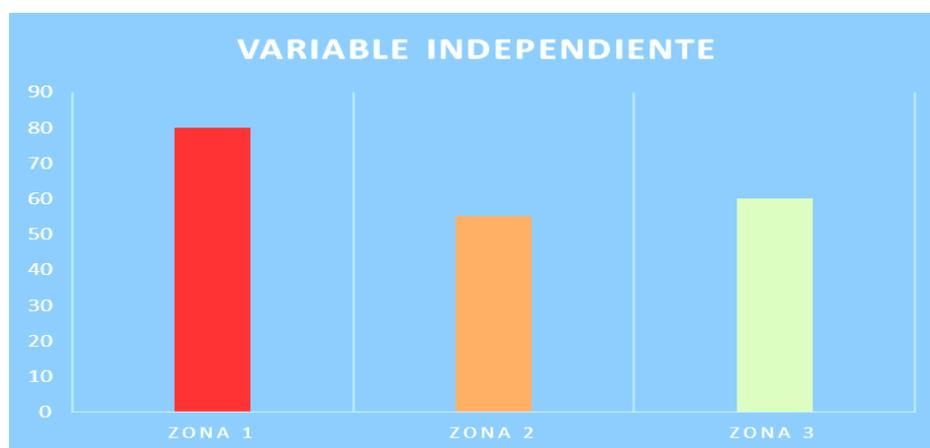
1.b) Andeva

En nuestro proyecto intervienen más de dos factores, siendo en este caso la aplicación de ANDEVA factorial, se desarrollará esta técnica conocida como análisis de varianza (ANDEVA), para la prueba de hipótesis de varias zonas de estudio.

La técnica consiste en separar que la variación de las zonas de estudio una en particular es mejor que la otra en relación a: Será la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones?

Figura 11

Ejemplo de la varianza (ANDEVA) de las tres zonas de estudio.



Fuente. Elaboración Propia 2018.

3.7.2 Técnicas de Recolección de Datos

Objetivos (Variables Dependientes)

El contraste del grado de asociación entre Temperatura °C y Humedad °H, será analizado a través de la aplicación de la Prueba estadística de correlación con un nivel de confianza del 95% $\alpha=0.05$ utilizando el programa de Infoestat versión libre

Monitorización del Recurso Solar

Se instalará una estación radiométrica en el municipio de Arica (Chile).

El funcionamiento de la estación dará comienzo el primer semestre de 2018.

Con objeto de evaluar la calidad de los datos de irradiación solar proporcionados por esta estación, la estación estará sujeta a 4 comprobaciones:

1. Revisión Visual, hecha por un operador entrenado, preestablecerá la posible existencia de incidencias en cada uno de los días.
2. Comprobaciones de Primer Nivel, aquellas destinadas a evaluar si cada una de las medidas obtenidas, están dentro de los límites permitidos.

3. Comprobaciones de Segundo Nivel, aquellas destinadas a evaluar si cada una de las medidas obtenidas están dentro de los límites extremadamente raros.

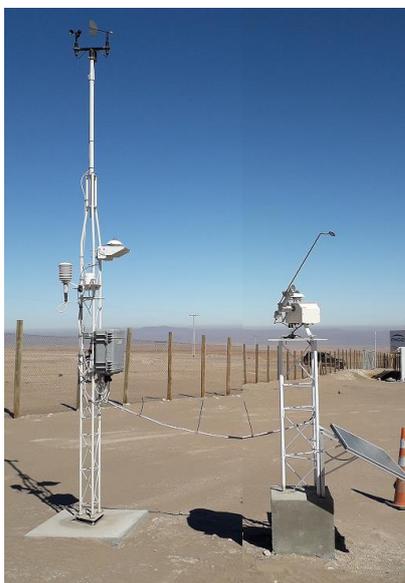
4. Comprobaciones de Tercer Nivel, aquellas destinadas a evaluar si las medidas de irradiación solar obtenidas, son consistentes entre sí.

Estos conjuntos de comprobaciones son recomendadas por la red Baseline Surface Radiation Network (BSRN) perteneciente al World Radiation Monitoring Center.

Instrumento para la Recolección de los Datos

Figura 12

Estación meteorológica PCE-FWS 20



Fuente. GEONICA SA, (2015).

Procesamiento presentación análisis e interpretación de los datos

Los procesamientos de todos datos se encuentran vinculados a un orden comparativo de programas y análisis, tales como:

- ✓ Programa Excel
- ✓ Programa libre Infoestat
- ✓ Tablas y Figuras, que describen los datos obtenidos.
- ✓ Interpretación
- ✓ Cita de la tabla y/o figura
- ✓ Análisis Estadístico

1. Base de datos disponibles: Para la estimación de la serie horaria de GHI se tratará de forma integrativa información sobre el recurso solar disponible en el entorno del emplazamiento.

- a) Registros, utilización de (WRDC) World Radiation Data Centre.
- b) CNE, estación de medición de radiación solar con sistema e seguimiento en el Norte de Chile.

2. Base de datos de CENER, resultados proporcionados por el modelo meteorológico de predicción numérica SKIRON.

3. Modelos

- a) NREL, base de datos mensuales, obtenidos de la aplicación del modelo CSR (Climatological Solar Radiation).
- b) METEONORM, aplicación base de datos climáticos, obtenidas en todo el mundo (GEBA, global energy balance Archive, de OMM y de Meteo Swiss).
- c) SoDa, sitio web que realiza la integración de información meteorológica.
- d) SSE-NASA, aplicación patrocinada por la NASA, a través de Earth Science Enterprise program.

3.7.3 Instrumentos de Medición

La radiación, como se puede analizar, puede presentarse de diferentes maneras, de ahí la importancia de saber con qué equipos se cuenta para medir la radiación sea esta, difusa, global, directa y brillo solar. De entre estos equipos los principales son los mostrados en el siguiente cuadro 2:

Tabla 7*Instrumentos de Medida y Detalle de Medición.*

Instrumento de Medida	Detalle de Medición
Piranómetro	Radiación global, directa, difusa reflejada
Pirheliómetro	Radiación solar, directa e incidencia normal
Actinógrafo	Radiación global
Heliógrafo	Brillo solar

Fuente. Elaboración propia, (2018).

- a) Piranómetro:** Es el equipo más utilizado para la medición de radiación solar, mide radiación directa y difusa sobre un plano horizontal de 180 grados. Consiste de una serie de termocuplas, que en este caso están formadas por una unión de dos placas metálicas de diferente material y conductividad térmica, estas placas están pintadas de colores blanco y negro en un pequeño disco. El cambio de temperatura en estas placas metálicas produce un cambio de voltaje que es proporcional a la radiación.
- b) Pirheliómetro:** Los pirheliómetros son instrumentos que sirven para medir la intensidad e incidencia normal de la radiación solar directa emitida por el disco solar.
- c) Actinógrafo:** Es un instrumento que sirve para medir radiación global. Este funciona mediante un sensor termo-mecánico, protegido por una cúpula en vidrio. Está formado por un arreglo bimetálico de dos superficies, una pintada de color negro para que absorba las ondas electromagnéticas de radiación solar y la otra de color blanco para que las refleje, y así generar una diferencia de temperatura. Esto provoca una curvatura en la placa de color negro que se amplifica por medio de palancas y se transmiten a un tambor movido por un mecanismo de reloj para describir una gráfica que registra los valores de radiación global.

- d) **Heliógrafo:** Este instrumento registra las horas de sol efectivas en el día, insolación o brillo solar. Opera focalizando la radiación solar por medio de una esfera de vidrio, en una cinta con escalas de horas, que por la exposición a la radiación solar directa se quema formando líneas. La longitud de dichas líneas proporciona el número de horas de brillo de sol.

Figura 13

Heliógrafo de Campbell-Stokes.



Fuente. Jutglar B., (2004)

Figura 14

Actinógrafo Bimetálico Robitzsch-Fuess 58cd.



Fuente. Jutglar B., (2004)

CAPITULO IV

4. LOS RESULTADOS

4.1 Descripción del Trabajo de Campo

4.1.1 Meses y horas luz solar en la Región Arica y Parinacota, (enero a septiembre 2018).

Respecto de las horas de sol y los meses del año, en la Región de Arica y Parinacota los resultados obtenidos muestran que la medición de las horas de sol variaron de 11.50 en junio a 13.59 en enero del 2018, en las 3 zonas monitoreadas de pampa Dos Cruces, quebrada el Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).

Tabla 8

Horas Sol / Meses Del Año Periodo Enero A Septiembre.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13120			
Error: 0.0270 gl: 264			
Meses	Medias n	E.E.	
Junio	11.50 30	0.03	A
Julio	11.62 31	0.03	A
Mayo	11.83 31	0.03	B
Agosto	12.15 31	0.03	C
Abril	12.24 30	0.03	C
Septiembre	12.43 30	0.03	D
Marzo	12.69 31	0.03	E
Febrero	13.27 28	0.03	F
Enero	13.59 31	0.03	G

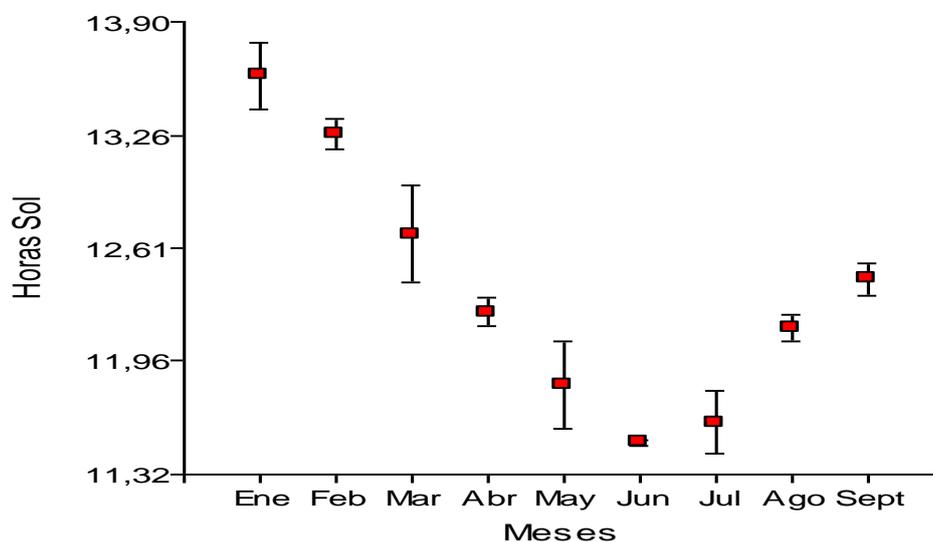
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat, (2018).

En el mismo esquema de las horas de sol y los meses del año, en la Región de Arica y Parinacota los resultados obtenidos muestran que en los meses de enero hasta abril, comienza a descender las horas de sol hasta julio, luego a partir de agosto nuevamente se incrementa ($F_{\text{calc}}(0.05) = 572.42$; $gl=8$; $P=0.0001$) (Fig15)

Figura 15

Medición De Las Horas De Sol Y Meses De Año Entre Los Periodos De Enero A Septiembre 2018.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat, 2018

Discusión

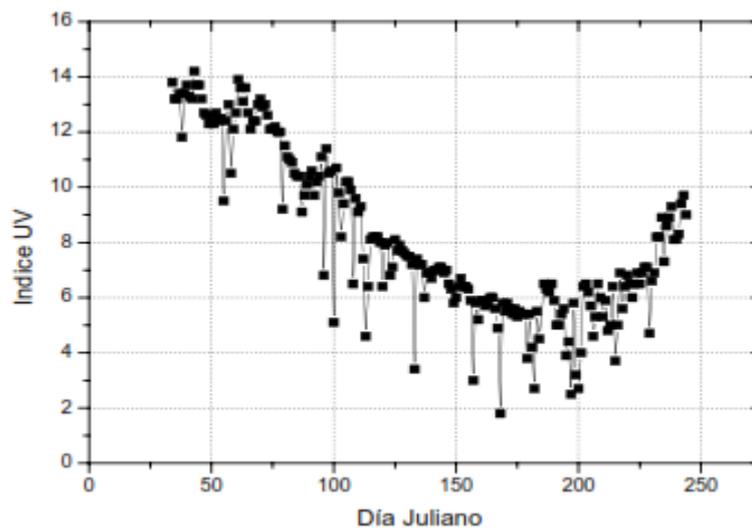
Si comparamos los estudios del año 2002 con los recientes monitoreos del año 2018, se puede indicar que se presenta una tendencia en relación a las horas de sol versus los meses calendarios, esto se ratifica según (Rivas et al 1995), (Rivas *et al.*, 1996a; Rivas *et al.*,1996b; Rivas *et al.*, 1997). estudio que ratifica que Arica, en la zona tropical del norte de Chile, presenta un microclima de características singulares, con condiciones meteorológicas notablemente estables durante todo el año: temperaturas primaverales, ausencia casi absoluta de precipitación, régimen previsible de vientos, alto porcentaje del día despejado y

alta reflectividad media del suelo, compuesto principalmente por arcilla muy clara.

La figura 16 presenta las mediciones de irradiancia eritémica en Arica durante el período Febrero-Septiembre 2002 a mediodía solar, sin distinción de nubosidad.

Figura 16

Índice De Radiación Ultravioleta, Diario En Arica A Mediodía Solar Considerando Nubosidad Entre Febrero Y Septiembre 2002.



Fuente. (Rivas A., et al., 2002)

De acuerdo a las gráficas los monitoreos del año 2018, demuestran que los meses de primavera y verano tienen una mayor irradiación solar con escasa nubosidad, lo que acompañado a más horas luz, los niveles de radiación son mayores, esto lo ratifican los estudios de (Luccini *et. al*, 1998), los cuales indican que, dada la ubicación intertropical del lugar, el Sol pasa dos veces por el zenit durante el verano, con lo cual el período de altos niveles de radiación se extiende ampliamente. Registros del orden de (ISUV) = 12 se dan durante los máximos de fin de primavera y principios de verano, de igual manera en la ciudad Arica se observan valores iguales o superiores a (ISUV) = 12 a mediodía solar durante la mayor parte de primavera y verano.

4.2 Diseño de la Presentación de los Resultados

4.2.1 Horas sol / Irradiancia en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).

Respecto de las horas Sol e Irradiancia en el sector de Pampa Dos Cruces, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,43$, esto implica que, a mayores horas de sol, mayor Irradiancia Solar (enero a septiembre 2018).

Tabla 9

Horas Sol / Irradiancia En Sector Pampa Dos Cruces.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades</i>		
	<u>Horas Sol</u>	<u>Irradiancia Dos Cruces</u>
Horas Sol	1,00	0,00
Irradiancia Dos Cruces	0,43	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que la relación de horas sol e irradiancia, se relaciona en la ubicación geográfica y el método con el cual se desarrolla el análisis de muestreo. Por su parte entre los modelos desarrollados para estimar la radiación solar, se incluyen la ecuación de Ångström–Prescott y modificaciones de ésta, modelos lineales, polinómicos, exponenciales y logarítmicos (Menges et al., 2006); también estocásticos y de redes neuronales, entre otros (Mellit et al., 2005; Raichijk, 2008; Bocco et al., 2010; Kaplanis y Kaplani, 2010). En particular (Fadare et al. 2010) diseñaron diferentes redes neuronales del tipo multicapa con el algoritmo backpropagation para predecir radiación solar media mensual en África, utilizando como variables de entrada siete parámetros entre geográficos y meteorológicos; (Leal et al. 2009) elaboraron modelos estadísticos para estimar radiación solar ultravioleta diaria para dos localidades de Brasil, y (Spokas y Forcella 2006) desarrollaron modelos

empíricos para estimar radiación solar total horaria para 18 sitios ubicados en USA y Canadá.

Respecto de las horas de Sol e Irradiancia en el sector quebrada El Águila, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,70$, esto implica que a mayor horas de sol, mayor Irradiancia solar (enero a septiembre 2018).

Tabla 10

Horas Sol / Irradiancia En Sector Quebrada El Águila.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades</i>		
	Horas Sol	Irradiancia El Águila
Horas Sol	1,00	0,00
Irradiancia El Águila	0,70	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl 2018

Discusión

A diferencia de las otras zonas, se puede concluir que la relación de horas sol e irradiancia en la zona quebrada El Águila ($r=0.70$) que se encuentra en el límite de pre cordillera y altiplano a 2.300 msnm. de mayor altitud que las otras 2 aéreas de estudio, donde existen cielos más limpios y una mayor irradiancia. Por su parte la importancia de la radiación del sol es que es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima, y por tanto es la responsable de las variaciones de presión, de temperaturas, de viento, etc. (Retallack 1973), esta aseveración confirma los resultados obtenidos en esta investigación, sin embargo, el Grupo de Radiación Solar UV de la Universidad de Tarapacá, Chile y en colaboración con otros grupos de investigación, intensificó en los años recientes los estudios del espesor de la capa de ozono y los niveles de irradiancia solar UV en la región (Rivas et al., 1996a; Rivas et al.,1996b; Rivas et al., 1997), que confirman las mediciones de irradiancia eritémica realizados durante el periodo febrero-septiembre 2002, en Arica según tabla 2 se observan valores iguales o superiores a $(ISUV) = 12$ a mediodía solar durante la mayor parte de primavera y verano.

Del mismo modo, se observan calificaciones de riesgo solar Alto y Muy Alto durante 10 meses del año. Los valores de invierno, próximos a (ISUV) = 6, son asimismo considerables.

Tabla 11

Valores Promedio Mensuales De (ISUV) Y Desviación Estándar Para Valores De Irradiancia Cercanos Al Mediodía Solar.

MES	ISUV PROMEDIO MENSUAL	CALIFICACION DEL RIESGO SOLAR
Febrero	12.6 + 1.2	Muy Alto
Marzo	11.8 + 1.7	Muy Alto
Abril	8.8 + 1.8	Alto
Mayo	7.0 + 0.8	Alto
Junio	5.4 + 0.9	Moderado
Julio	5.2 + 1.2	Moderado
Agosto	7.1 + 1.4	Alto
Septiembre	10.2 + 1.0	Muy Alto

Fuente. Departamento de Física, Facultad de Ciencias de la Universidad de Tarapaca, año (2002).

Respecto de las horas Sol e Irradiancia en el sector de Pampa Camarones, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = -0,37$, esto implica que, a mayores horas de sol, mayor Irradiancia solar (enero a septiembre 2018).

Tabla 12

Horas Sol / Irradiancia En Sector Pampa Camarones.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades</i>		
	Horas Sol	Irradiancia Camarones
Horas Sol	1,00	1,6E-10
Irraidancia Camarones	-0,37	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl. 2018

Discusión

Si bien la zona de pampa Camarones ($r=-0.37$) se encuentran más cerca de la costa con una nubosidad parcial a las primeras horas del día, esta zona geográfica que se eleva sobre los 1.000 msnm. los resultados obtenidos, al igual que en las otras dos zonas, la relación de horas sol e irradiancia presentan una correlación de mayor horas sol, al igual que la irradiancia. Así lo demuestran estudios con el propósito de obtener una medida de la magnitud y dirección de la asociación de cada variable de entrada con la radiación solar, se realizó un análisis de correlación. Analizando los resultados con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2010) se observa correlación positiva entre la radiación observada y las variables temperatura ($R = 0,61$) y velocidad del viento ($R = 0,31$) y correlación negativa para humedad ($R = -0,56$), no existiendo prácticamente correlación con la precipitación ($R = -0,05$).

4.2.2 Horas Sol / Temperatura en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).

Respecto a las horas Sol y Temperatura en el sector de pampa Dos Cruces, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,80$, esto implica que a mayores horas de sol mayor temperatura (enero a septiembre 2018).

Tabla 13

Horas Sol / Temperatura En Sector Pampa Dos Cruces.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades</i>		
	Horas Sol	Temperatura Dos Cruces
Horas Sol	1,00	0,00
Temperatura Dos Cruces	0,80	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

De acuerdo a los monitoreos obtenidos, se puede concluir que la relación de horas sol y temperatura ambiente, en la zona catastrada, esta tiene una tendencia promedio, donde las zonas de pampa Dos Cruces ($r=0.80$), el promedio de R está en la media de los 0.80, el resultado de estos análisis lo ratifica el modelo utilizado por (Di Rienzo et al., 2010) que analizando los resultados con el software Infostat, se observa correlación positiva entre la radiación observada y las variables temperatura ($R = 0,61$) y velocidad del viento ($R = 0,31$) y correlación negativa para humedad ($R = -0,56$), no existiendo prácticamente correlación con la precipitación ($R = -0,05$). De igual manera estos resultados fueron comparados con diferentes modelos obtenidos de acuerdo a la siguiente tabla 14.

Tabla 14

Valores De R Obtenidos En La Fase De Validación De Cada Modelo.

MODELOS		R
M0		0,86
	a	0,86
M1	b	0,86
	c	0,86
M2		0,80
M3		0,84
M4		0,80
M5		0,86

Fuente. Moody y Antsaklis (1996).

Los resultados analizados consideran valores similares de los diferentes modelos, en relación a modelos M2 a M4 estos presentan buenas estimaciones, siendo M2 el que considera las variables de más fácil adquisición (mes, hora y temperatura), lo cual coincide con (Reddy y Ranjan, 2003), otro factor a considerar son los coeficientes de determinación (R) de todos los modelos se encuentran entre 0,80 y 0,86, valores similares a los obtenidos por (Spokas y Forcella, 2006).

Los valores de R² de los modelos M0 a M4 pueden ser superados si se hace uso de otras variables, en particular de la heliofanía relativa, que tiene una excelente correlación con la radiación solar, entre otras.

Respecto a las horas Sol y Temperatura en el sector de quebrada El Águila, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,82$, esto implica que a mayores horas de sol, mayor temperatura (enero a septiembre).

Tabla 15

Horas Sol / Temperatura En Sector Quebrada El Águila.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes probabilidades</i>		
	Horas Sol	Temperatura El Águila
Horas Sol	1,00	0,00
Temperatura El Águila	0,82	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

En referencia, a la zona monitoreada de Quebrada El Águila presenta una tendencia promedio ($r=0.82$), donde se puede concluir que la relación de horas sol y temperatura ambiente, donde el promedio de R está en la media de los 0.80, este resultado de estos análisis lo ratifica el modelo utilizado por (Di Rienzo et al., 2010) que analizando los resultados con el software Infostat, se observa correlación positiva entre la radiación observada y las variables temperatura.

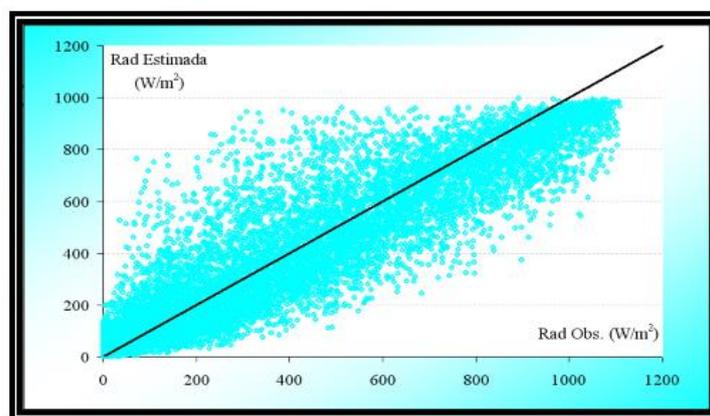
Otro elemento comparativo para este estudio, son el uso directo de las variables que presentan únicamente las estaciones que, como la citada, son de uso frecuente en productores y estaciones experimentales. De hecho, (Mellit et al. 2005), mediante una red RBF estimaron radiación solar diaria en Argelia usando heliofanía, temperatura y radiación solar global con un coeficiente de determinación de 0,96. (Bocco et al. 2010) lo hicieron para Salta, a través de una red tipo perceptrón y obtuvieron un valor de $R^2 = 0,92$.

Como ejemplo de acuerdo a la relación entre la radiación solar observada y la estimada, para el modelo M1, presenta una recta de ajuste de ecuación $y = 85,0 x$

+ 46 47, , con coeficiente de determinación $R = 0,86$. En la Figura 17 se presenta el diagrama de dispersión correspondiente y la recta identidad, que permite distinguir en primer lugar subestimaciones para valores de radiación observada que superan los 1.000 W/m^2 . Este comportamiento ya fue observado por (Bocco et al. 2006) y también por (Li 2002).

Figura 17

Diagrama De Dispersión Entre La Radiación Solar Observada Y La Estimada Obtenida Por El Modelo M1.



Fuente. Narvaez, Dielman, & Gordillo, (2008)

Respecto a las horas Sol y Temperatura en el sector de pampa Camarones, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,81$, esto implica que, a mayores horas de sol, mayor temperatura (enero a septiembre 2018).

Tabla 16

Horas Sol / Temperatura En Sector Pampa Camarones.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades</i>		
	Horas Sol	Temperatura Camarones
Horas Sol	1,00	0,00
Temperatura Camarones	0,81	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

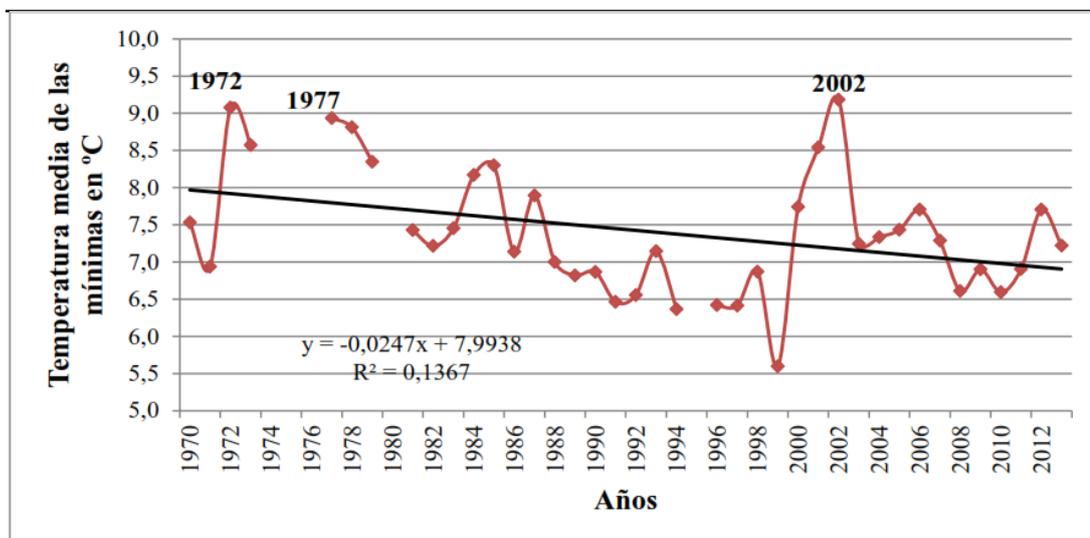
Discusión

Por último, se puede concluir que la relación de horas sol y temperatura ambiente, en la zona monitoreada de pampa Camarones tiene una tendencia promedio ($r=0.81$), donde el promedio de R está en la media de los 0.80, la característica de esta zona de estudio la compone su cercanía al mar lo que influye notoriamente en su posicionamiento geográfico, respecto a las otras dos zonas de estudio, de acuerdo a lo indicado por (Fuenzalida, 1971) La circulación atmosférica superficial a gran escala de la región centro y norte de Chile, es dominada por la presencia del anticiclón subtropical del Pacífico Sur Oriental (APSO). SU centro se localiza entre los 25° y 30° S y los 90° y 105° W y su influencia típicamente alcanza los 38° S, aun cuando durante el verano austral éste puede penetrar hacia el sur sobrepasando los 45° S. De igual forma si comparamos nuestro monitoreo con los estudios realizados por (Vuille et al 2015), el cual analizo las zonas costeras, valles, quebradas y pre-altiplánicas, donde se puede constatar una tendencia en las temperaturas como lo indica la estación Codpa, la cual Estación ubicada a 114 kilómetros al Sureste de Arica, en el corazón de la quebrada de

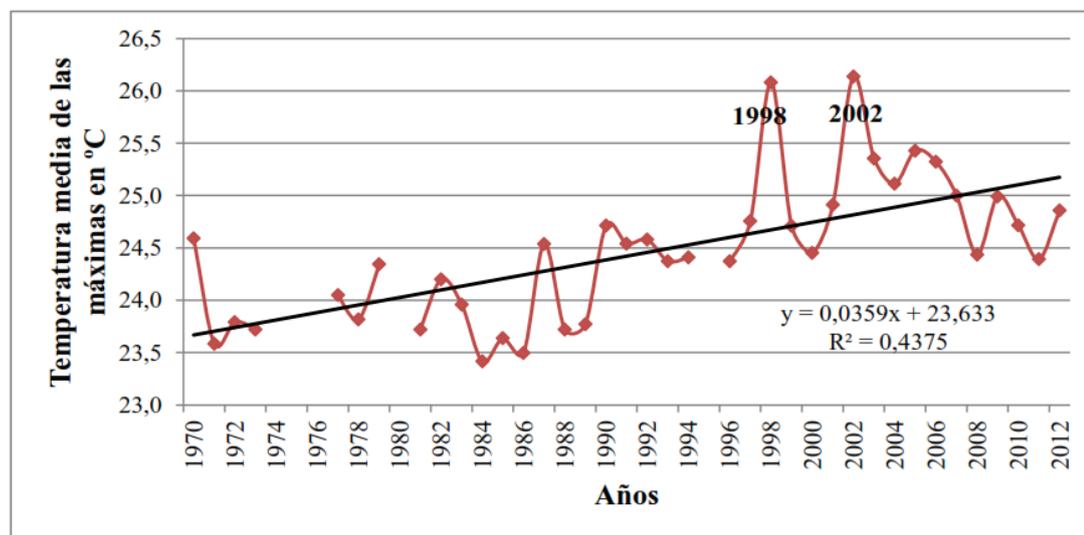
Camarones a 1870 msnm. Esta estación representa uno de los mejores ejemplos en cuanto

al aumento de las temperaturas máximas tal como lo expone el IPCC 2013, donde la temperatura media global aumentó en $0,85^{\circ}\text{C}$ en los últimos 30 años; y donde las mínimas muestran una disminución en promedio de $-0,5^{\circ}\text{C}$; acentuando aún más las condiciones de continentalidad y oscilación térmica.

Con respecto, a las pendientes tanto de la temperatura mínima y máxima, muestran una acentuada disminución y aumento de éstas, durante los 44 años en estudio, siendo el período entre 1970 y 1990 los años donde más se pronuncian estos cambios; destacando las temperaturas máximas con alzas pronunciadas que superan los 2°C de diferencia (ver gráficos 1 y 2.)



Mínimas: Han tenido una disminución desde 1970 al 2013, correspondiendo a $-0,4^{\circ}\text{C}$ en 10 años y $-0,74^{\circ}\text{C}$ en treinta años. La temperatura media anual más fría en la estación corresponde al año 1999 con $5,6^{\circ}\text{C}$ y la más alta corresponde al año 2002 con $9,2^{\circ}\text{C}$. La temperatura media mínima para el período en estudio se ubica en los $7,4^{\circ}\text{C}$, y la tendencia muestra que las temperaturas mínimas tienden a la baja.



Máximas: Han tenido un aumento importante desde 1970 al 2013, correspondiendo a $0,36^{\circ}\text{C}$ en 10 años y $1,08^{\circ}\text{C}$ en treinta años, siendo uno de los más altos. Las temperaturas máximas durante el treintenio estudiado corresponden

a los años 1998 y 2002 donde las máximas llegaron a los 26, 1°C. La temperatura media máxima para el período en estudio es de 24,5°C, y la tendencia muestra que las temperaturas máximas continuaran aumentando a un ritmo acelerado.

4.2.3 Horas Sol / Humedad en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).

Respecto a las horas Sol y Humedad en el sector de pampa Dos Cruces, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,58$ esto implica que a mayores horas de sol, existe una humedad relativa (enero a septiembre 2018).

Tabla 17

Horas Sol / Humedad En Sector Pampa Dos Cruces.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades</i>		
	Horas Sol	Humedad Dos Cruces
Horas Sol	1,00	0,00
Humedad Dos Cruces	0,58	1,00

Fuentes. Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

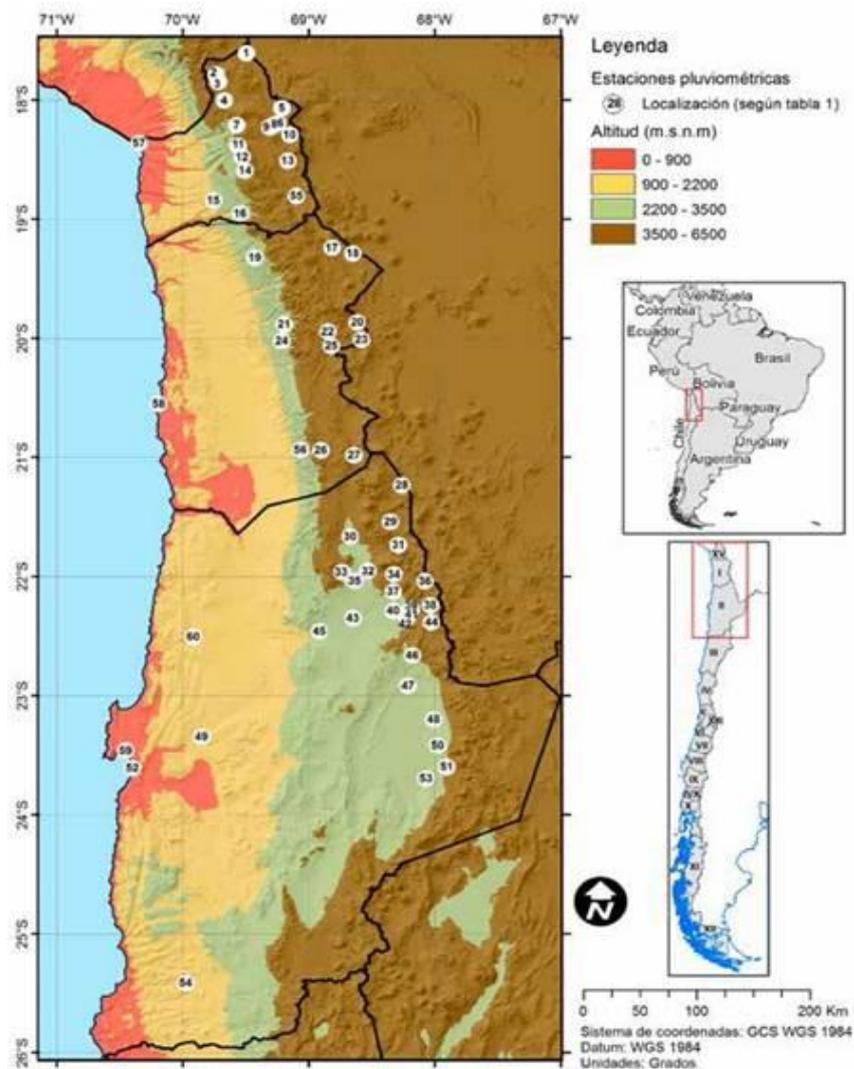
En este punto de acuerdo al elemento climático de humedad, los resultados obtenidos, se puede concluir que la relación de horas sol y humedad ambiente, en la zona catastrada, tiene una R promedio de sobre 0,50, para las 3 zonas, donde la zona de pampa Dos Cruces correlaciona un ($r=0.58$), que de acuerdo al promedio de precipitaciones es escaso, ratificado por (Romero y Kampf, 2003), los cuales indican que en el desierto de Atacama casi nunca llueve, e incluso en las zonas costeras las estaciones meteorológicas situadas en Arica (18 °S), Iquique (19 °S) y Antofagasta (23 °S) poseen registros anuales de precipitación menores a 3 mm. En dicho sentido, (Schulz *et al.* 2011) señala que cambios en la precipitación en el desierto costero han pasado inadvertidos, y pocos estudios han examinado algunos aspectos de su evolución en las últimas décadas (Houston 2006).

En relación a estudios recientes efectuados en el Norte Grande, aplicando el peor escenario de emisiones del AR5 del (IPCC, 2013), señalan un incremento de las temperaturas entre 2 °C y 5 °C, y una reducción de las precipitaciones de más de 30%, a excepción de una franja desértica del interior, entre la costa y la precordillera (Sarricolea & Romero, 2015). Para un mejor entendimiento de los datos se recopiló la información tanto de estaciones meteorológicas como respecto de su proyección futura, y la detección de sus tendencias de cambio. Los resultados obtenidos fueron contrastados con la literatura científica disponible.

Se utilizan para este estudio los datos pluviométricos de sesenta estaciones meteorológicas, pertenecientes, en su mayoría (54 estaciones), a la Dirección General de Aguas (DGA), y seis que corresponden a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) (Fig. 18). Los datos mensuales fueron obtenidos desde el repositorio del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia ((CR)2) de la Universidad de Chile.

Figura 18

Área De Estudio Y Estaciones Meteorológicas Utilizadas.

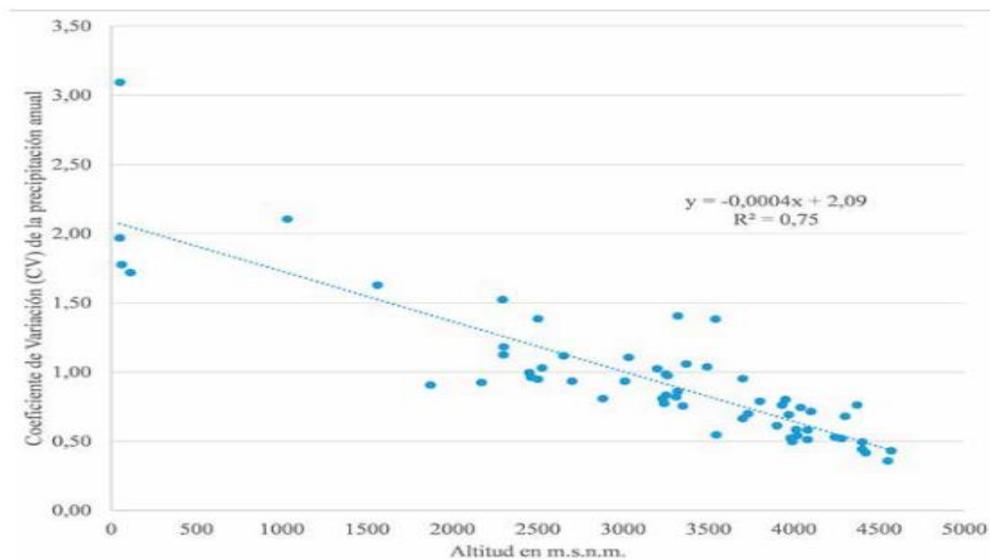


Fuente. Sarricolea & Romero, (2015)

La aplicación del método de anomalías y la evaluación de los cambios en la variabilidad de las precipitaciones en el período 2061-2080 coincide con las proyecciones del último informe del (IPCC 2013) que prevé considerables descensos de la precipitación en el Altiplano (Sarricolea y Romero 2015).

Figura 19

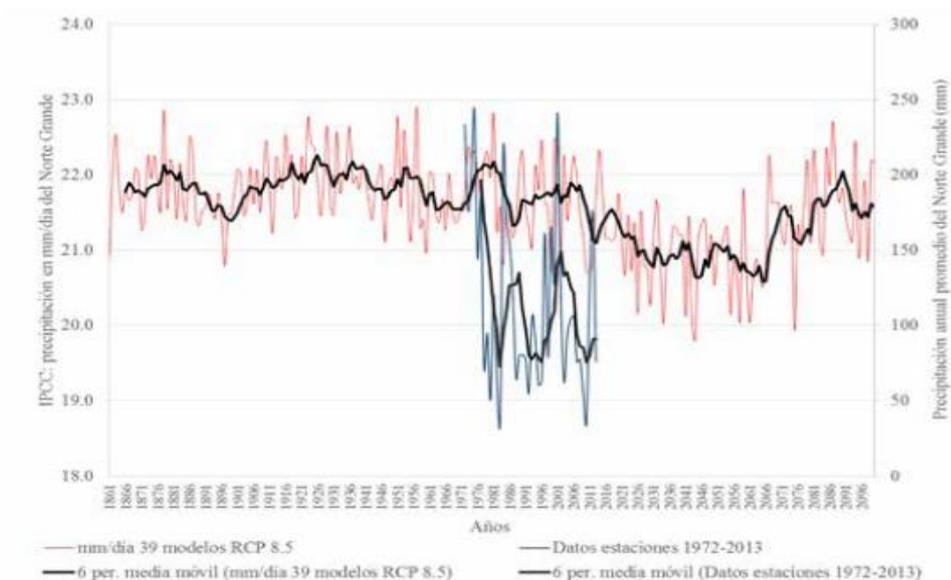
Correlación entre la altitud y el coeficiente de Variación.



Fuente. Sarricolea & Romero, (2015).

Figura 20

Precipitación histórica y proyectada (1861-2100)



Fuente. IPCC , 2013).

Nota: El IPCC (CMIP5) utilizo, para el área de estudio y el promedio observado por las estaciones meteorológicas usadas (1972-2013).

Respecto a las horas Sol y Humedad en el sector de Quebrada El Águila, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,58$ esto implica que a mayores horas de sol, existe una humedad relativa (enero a septiembre 2018).

Tabla 18

Horas Sol / Humedad en sector Quebrada El Águila.

<i>Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades</i>		
	Horas Sol	Humedad El Águila
Horas Sol	1,00	0,00
Humedad El Águila	0,58	1,00

Fuentes: Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

En la estación de monitoreo de Quebrada El Águila, entrega resultados que pueden concluir que la relación de horas sol y humedad ambiente, es homogénea a las otras áreas de estudio, siendo su R ($r=0.58$), los datos monitoreados en esta estación son ratificados por lo descrito en (Romero et al, 2013) que indica que las precipitaciones del Altiplano tienen una alta irregularidad, tanto a escalas intraestacional e interanual, de igual forma lo ratifica (Falvey & Garreaud, 2005) que indica que la caracterización de la alternancia de episodios húmedos y secos que en el verano poseen una frecuencia de 5 a 15 días. Además se señalan en varios estudios (Garreaud & Aceituno, 2001; Romero et al., 2013) señalan que una fracción significativa de la variabilidad interanual de las precipitaciones sobre el Altiplano está relacionada con El Niño Oscilación del Sur (ENSO).

En cambio (Sarricolea et al., 2013), señala que partir de Chile central, el CI decrece hacia las áreas desérticas del norte y templadas lluviosas del sur. Visto con más detalle, la situación antes descrita se reproduce en Chile central, como se aprecia en el Cuadro N° 2, las precipitaciones disminuyen (en general) desde el

norte al sur, pero con algunos matices, pues las precipitaciones medias máximas se alcanzan en la estación de Cotacotani, y las medias mínimas en Colchane. Estas medias encubren la alta variabilidad que las precipitaciones alcanzan en el Altiplano (Romero et al., 2013).

Cuadro N° 2 Síntesis de resultados de los datos analizados de precipitación media anual (P), Desviación Estándar, Coeficiente de Variación (CV), Índice de Concentración (CI), Longitud de la Sequía (L) e Irregularidad Temporal (S1) entre 1984-2010

Nombre estación	P (mm)	Desviación estándar	CV (%)	CI	L (días)	S1
Visviri	263,10	151,29	58	0,45	40,04	0,47
Caquena	381,04	194,79	51	0,44	13,74	0,50
Chungará Retén	272,95	118,32	43	0,43	s/i	0,61
Chungará Ajata	380,10	134,68	35	0,45	14,19	0,35
Cotacotani	427,90	152,43	36	0,43	15,04	0,36
Chucuyo Retén	345,56	147,91	43	0,44	32,07	0,62
Parinacota (ex Endesa)	301,52	142,52	47	0,50	17,89	0,39
Guallatire	248,76	126,23	51	0,44	23,63	0,47
Colchane (Tte. Isluga)	124,01	70,89	57	0,47	44,56	0,69
Cancosa	153,09	117,79	77	0,46	93,00	0,81
Coyacagua	130,35	82,83	64	0,50	59,26	0,61

Espacialmente permite separar a una latitud de 19°30'S, una región de muy baja irregularidad al norte (valores menores a 0,46) y una de baja irregularidad pluviométrica al sur. Es muy peculiar, pero se puede interpretar del siguiente modo:

“en el Altiplano del Norte de Chile las precipitaciones se registran casi en forma exclusiva en la estación estival, y la distribución de ellas, expresada en clases de 1mm están bien distribuidas, no como en Chile central”, esto lo ratifica (Falvey & Garreaud, 2005) el cual describe, el origen convectivo de las precipitaciones, y la activación de procesos de variabilidad de baja frecuencia favorecen que precipite de modo regular en el verano, manteniendo ciclos de 5-15 días

Respecto a las horas Sol y Humedad en el sector de Pampa Camarones, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,51$ esto implica que, a mayores horas de sol, existe una humedad relativa (enero a septiembre 2018).

Tabla 19

Horas Sol / Humedad En Sector Pampa Camarones.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades		
	Horas Sol	Humedad Camarones
Horas Sol	1,00	0,00
Humedad Camarones	0,51	1,00

Fuentes: Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

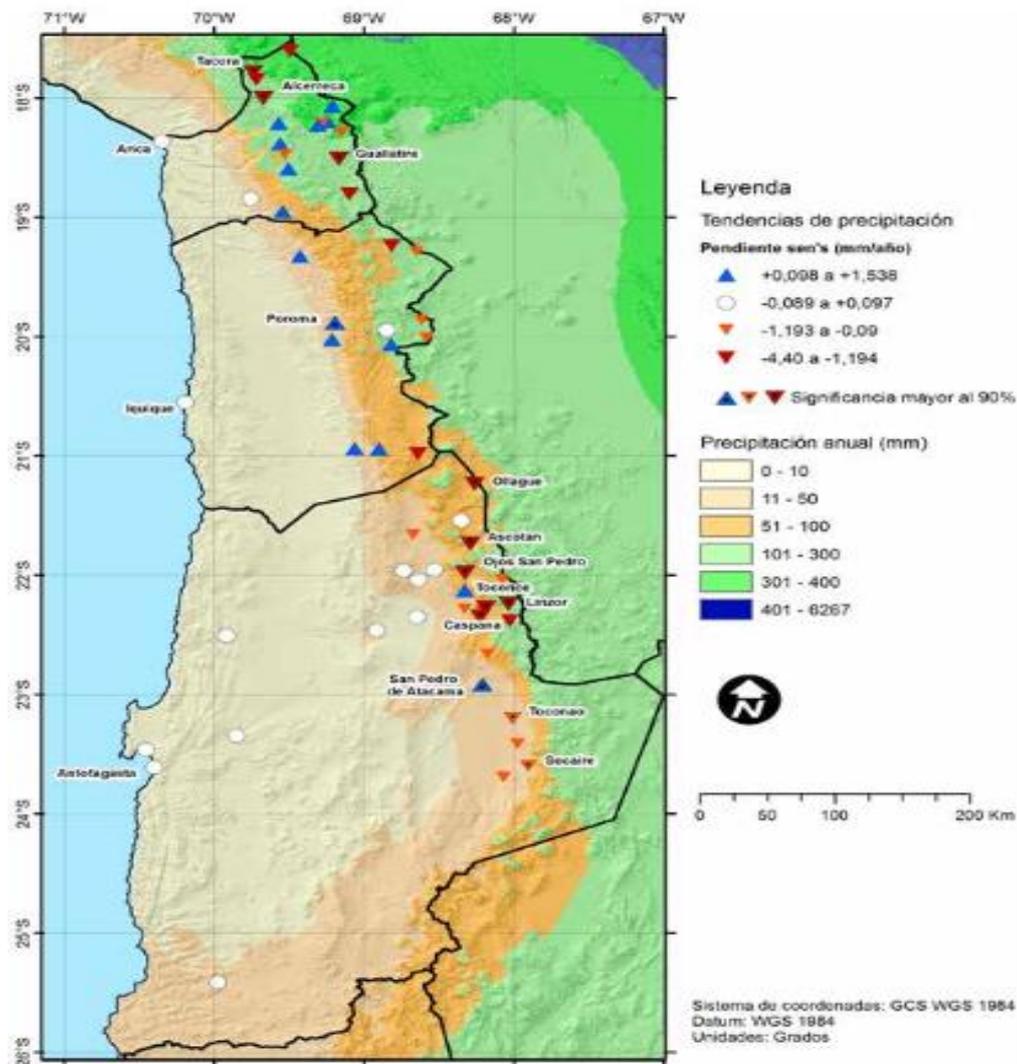
Discusión

En la estación de monitoreo de Pampa Camarones, se obtuvieron resultados que pueden concluir que la relación de horas sol y humedad ambiente, su R ($r=0.51$), va relacionado con su ubicación geográfica, valle interior y especialmente la altitud que dan como componentes a esta área una zona semi seca, Sin duda, se trata de un área de contrastados paisajes (desierto costero y Altiplano andino), lo que se puede expresar en precipitación menor a 10 milímetros anuales (invernal y de origen sobre el océano Pacífico), bajo los 2000 metros de altitud, y más de 300 milímetros anuales en el Altiplano (de verano y de origen oriental y amazónico). Durante el Holoceno, esta región planetaria no ha estado ajena a una intensa variabilidad climática, la que se puede resumir en períodos más húmedos y secos que el actual. Entre los 17500 y 9500 años antes del presente, diversos autores coinciden en condiciones ambientales más húmedas (Santoro et al. 2011), y luego un silencio arqueológico asociado a sequías, de 9500 a 4500 años antes del presente (Núñez et al. 2002). (Trenberth 2011) señala que se han observado, a mayor escala temporal, cambios de clima desértico a semiárido y viceversa en latitudes subtropicales, y cambios en los regímenes de humedad en latitudes altas.

Geográficamente, la Figura 3 muestra que estaciones meteorológicas costeras y localizadas en la Depresión intermedia no manifiestan ninguna tendencia de cambio, mientras que las de precordillera y Altiplano exhiben tendencias generales a la reducción de la precipitación, con la excepción de Parinacota, en el Altiplano de Arica. Considerando las tendencias significativas, en el Altiplano se registran descensos de la precipitación, y aumentos para la precordillera de Tarapacá y Antofagasta.

Figura 21

Mapa de tendencias de la precipitación del Norte Grande de Chile.



Fuente. IPCC, (2013)

4.2.4 Horas Sol / Velocidad del Viento en las 3 zonas de la Región Arica y Parinacota, pampa Dos Cruces, quebrada El Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018).

Respecto a las horas Sol y la Velocidad del Viento en el sector de Pampa Dos Cruces, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,54$ esto implica que, a mayores horas de sol, mediana velocidad de viento (enero a septiembre 2018).

Tabla 20

Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Pampa Dos Cruces.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades		
	Horas Sol	Velocidad Viento Dos Cruce
Horas Sol	1,00	0,00
Velocidad Viento Dos Cruce..	0,54	1,00

Fuentes: Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

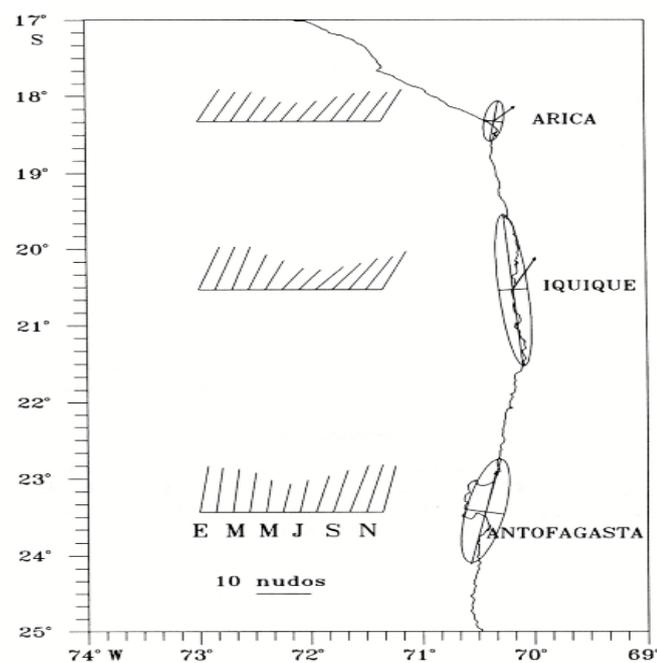
Discusión

En la estación de monitoreo de Pampa dos Cruces, de los resultados obtenidos se concluye que la relación de horas sol y velocidad del viento, es mayor que las otras dos áreas monitoreadas donde su $r = 0,54$ ya que su ubicación geográfica y altitud enfrenta la costa del océano pacífico, así lo ratifica (Fuenzalida, 1971), el cual explica que la circulación atmosférica superficial a gran escala de la región centro y norte de Chile, es dominada por la presencia del anticiclón subtropical del Pacífico Sur Oriental (APSO). SU centro se localiza entre los 25° y 30° S y los 90° y 105° W y su influencia típicamente alcanza los 38° S, aun cuando durante el verano austral éste puede penetrar hacia el sur sobrepasando los 45° S. esta influencia costera lo ratifican los estudios de (Enfield, 1981), el cual explica que las diferencias de presión relacionadas con este contraste térmico, junto con la rotación terrestre pueden generar un viento a lo largo de la costa que refuerza la componente favorable a la surgencia del viento de gran escala, resultando en un sistema de retroalimentación positiva.

De acuerdo a estos estudios, la variabilidad del mar cuando enfrenta el territorio afecta notablemente las condiciones climáticas, como así lo demuestran (Smith, 1978; Brink *et al.*, 1983; Romea y Smith, 1983; Cornejo-Rodríguez y Enfield, 1987; Huyer *et al.*, 1987, 1991). Que explican que la variabilidad del nivel del mar y, en general, diferentes aspectos de la dinámica costera, a escala interdiaria ha sido ampliamente estudiada en las costas de Perú. Para un mejor entendimiento se puede observar en la figura 100 de los registros del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

Figura 22

Ubicación Geográfica De Las Estaciones.



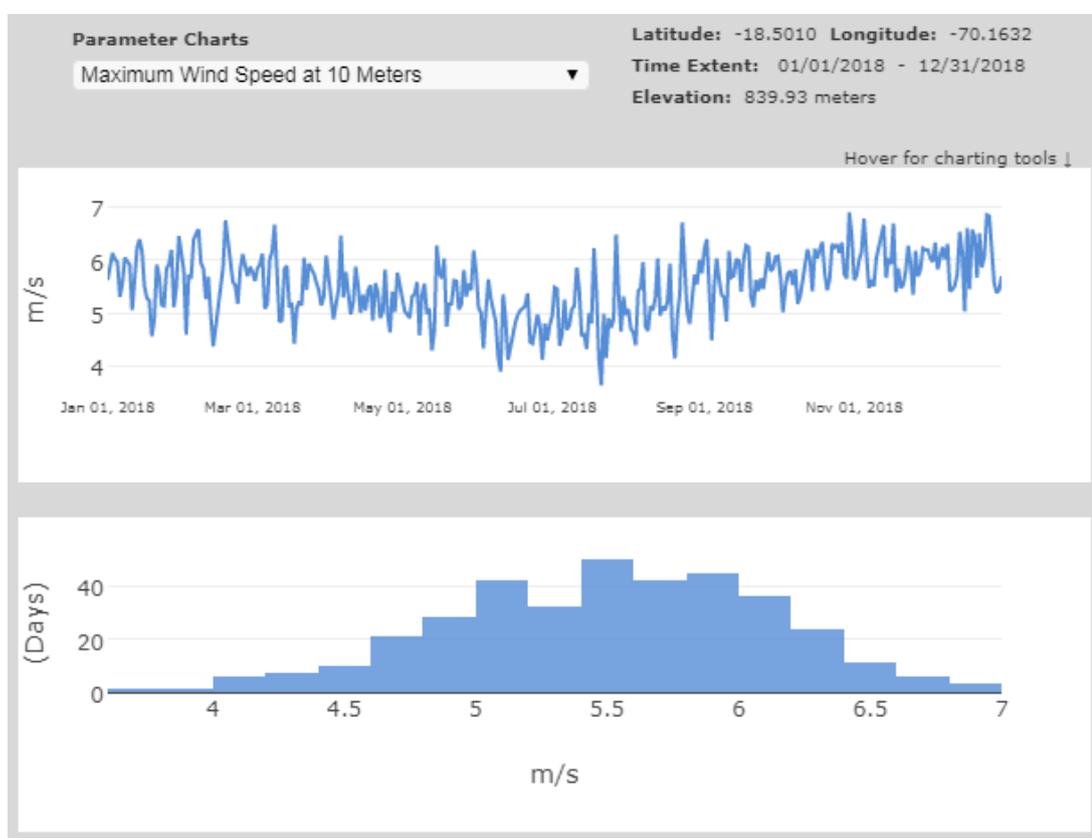
Fuente. Pizarro A, et al, (1994).

Nota: Los vectores promedios mensuales del viento en Arica, Iquique y Antofagasta (1987-91) y elipses asociadas a los ejes de máxima y mínima varianza. La flecha en el centro de la elipse representa el viento promedio del período.

Por último, se revisaron los datos históricos con que cuenta la (NASA Prediction of Worldwide Energy resource, 2018), donde se puede observar que los meses correspondientes al periodo de primavera verano se incrementa la velocidad del viento a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde esta se reduce como lo grafica la figura 23 y 24.

Figura 23

Velocidad Del Viento Pampa Dos Cruces A 10 Metros De Altura.

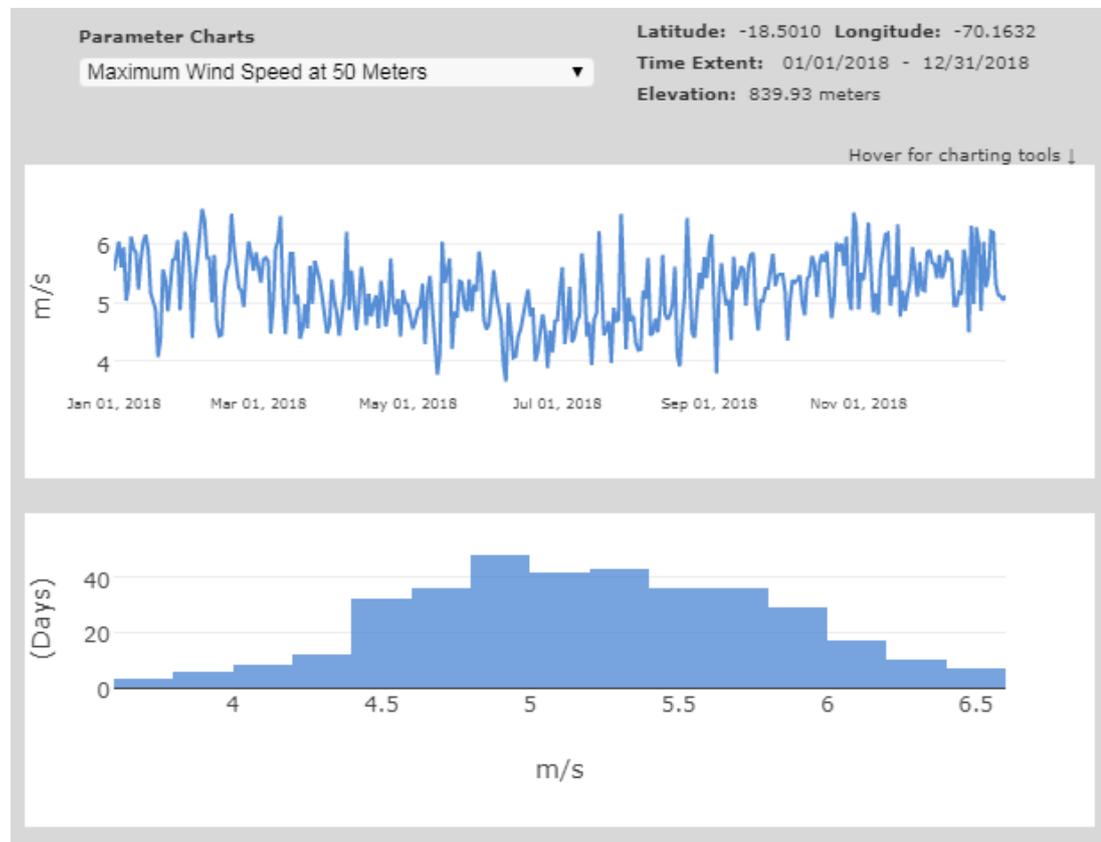


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 10 metros en la zona de Pampa Dos Cruces, Arica Chile.

Figura 24

Velocidad Del Viento Pampa Dos Cruces A 50 Metros De Altura.



Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 50 metros en la zona de Pampa Dos Cruces Arica Chile.

Respecto a las horas Sol y la Velocidad del Viento en el sector quebrada El Águila, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,34$ esto implica que a mayores horas de sol, mínima velocidad de viento (enero a septiembre 2018).

Tabla 21

Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Quebrada El Águila.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades		
	Horas Sol	Velocidad Viento El Águila..
Horas Sol	1,00	1,0E-08
Velocidad Viento El Águila	0,34	1,00

Fuentes: Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

Discusión

En la estación de monitoreo de Quebrada El Águila, entrega resultados que son relevantes en relación a las otras dos estaciones, siendo su $r = 0,34$, donde se concluye que la relación de horas sol y velocidad del viento, ya que su condición geográfica define notoriamente los factores climáticos, así lo ratifica (Garduño, 1994), el cual indica que las características más interesantes que el clima posee es su gran variabilidad, siendo ésta su única constante, haciendo clara referencia las oscilaciones naturales del sistema climático, así también lo asevera (Alfaro & Amador, 2009), donde el factor clima es definido tradicionalmente como el promedio de largo plazo de las variables meteorológicas (temperatura, precipitación, humedad, vientos, etc.) en una región; siendo determinado por la circulación atmosférica de gran escala y la geografía, los que definen los ecosistemas y los emprendimientos humanos que se desarrollan en una región.

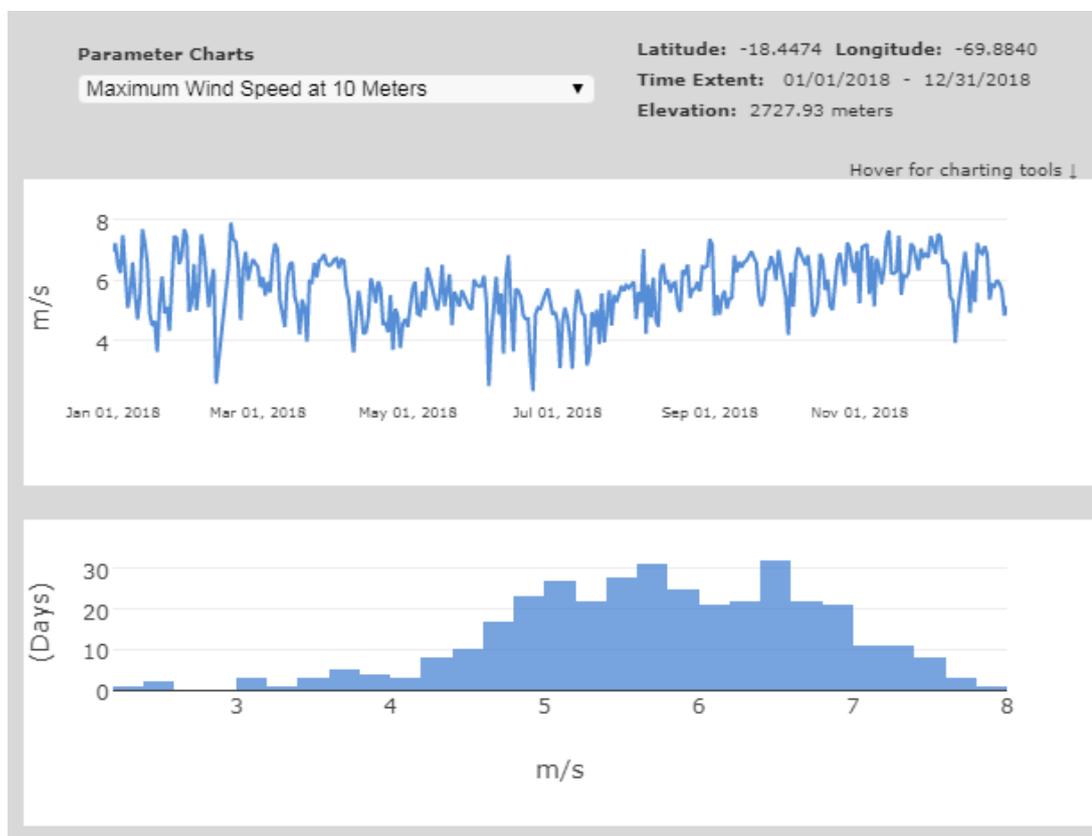
De esta manera, el clima está constituido por aquellos rasgos o elementos básicos del sistema climático que tienen una variación relativamente lenta en el tiempo y en el espacio. A diferencia como se ha explicado en las otras estaciones las condiciones de pre cordillera y altiplano Andino Chileno (Aceituno, 1993), explica que es un área climática que posee características de variabilidad condicionadas por su localización geográfica. Emplazada entre los 15°S y los 21°S, con una elevación promedio de 4000 m.s.n.m., se encuentra determinada por características climáticas únicas en el continente.

Otro factor a que se refiere (Aceituno, 1996), es la variabilidad climática en el Altiplano, es la circulación regional, destacando la circulación anticiclónica durante el verano, denominada Alta de Bolivia, el régimen de vientos locales atribuidos a la topografía de la zona y a los procesos de advección de aire húmedo desde la cuenca amazónica, provenientes de la corriente en chorro subtropical que en el verano austral se desplaza hacia el Sur. Por último, si tomamos en cuenta los factores topográficos que pueden re direccionar los vientos, especialmente en esta zona norte, así lo indica (Bakun y Nelson, 1992) cuando se refiere al cambio de dirección de la línea de costa al norte de Arica.

Los vientos sobre el océano frente a esta región presentan un notable cambio de dirección y típicamente las magnitudes son menores. así como también lo indica (Huyer, 1983) que en la zona norte de Chile el viento no presenta un aumento de energía en la banda de actividad ciclónica (2 a 7 días). De tal modo que, durante el verano, cuando los vientos favorables a la surgencia son máximos, no se observan períodos de relajamiento o de vientos en sentido contrario, como ocurre en las zonas de surgencia de Chile central o en Oregón y norte de California en el Pacífico Nororiental, para visualizar mejor este aspecto estadístico se comparó con los datos históricos con que cuenta la (NASA Prediction of Worldwide Energy Resource, 2018), podemos observar que los meses correspondientes al periodo de primavera verano se incrementa la velocidad del viento a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde esta se reduce como lo grafica la figura 25 y 26.

Figura 25

Velocidad Del Viento Quebrada El Águila A 10 Metros De Altura.

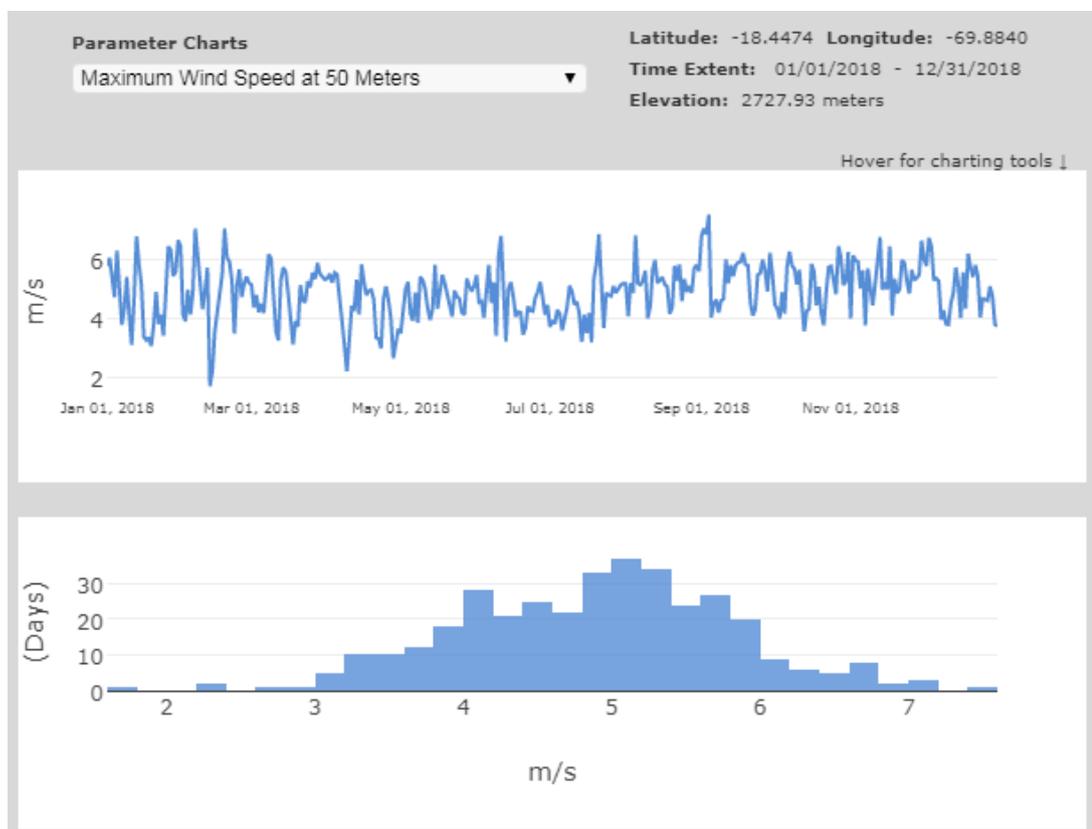


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 10 metros en la zona del Águila Arica Chile.

Figura 26

Velocidad Del Viento Quebrada El Águila A 50 Metros De Altura.



Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 50 metros en la zona del Águila Arica Chile.

Respecto a las horas Sol y la Velocidad del Viento en el sector de Pampa Camarones, los resultados obtenidos presentan una asociación de $r = 0,24$ esto implica que, a mayores horas de sol, mínima velocidad de viento (enero a septiembre 2018).

Tabla 22*Horas Sol / Velocidad Del Viento En Sector Pampa Camarones.*

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades		
	Horas Sol	Velocidad Viento Camarones..
Horas Sol	1,00	6,2E-05
Velocidad Viento Camarones	0,24	1,00

Fuentes: Dirección de Aeronáutica Civil AP Chacalluta / Estaciones meteorológicas Engie.cl, 2018

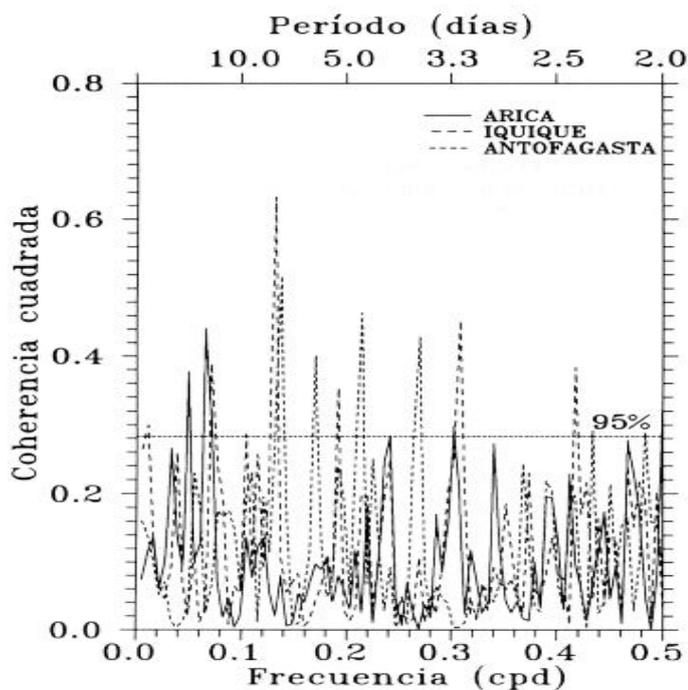
Discusión

De las tres zonas de monitoreo, los resultados obtenidos, en la zona de Pampa Camarones, se puede concluir que la relación de horas sol y humedad ambiente, tiene una correlación de ($r=0.24$), siendo la menor de las otras dos estaciones, esto se debe a su topografía como así lo indica (Montecinos, 1991) el que explica La presencia de los cerros costeros que conforman la cordillera de la costa constituyen una importante restricción a la dirección del viento. Esta condición natural lo ratifica (Bakun y Nelson, 1992), los explican Mientras que rasgos topográficos mayores pueden tener una influencia importante en las características del viento a una escala mayor, influyendo directamente en los fenómenos oceanográficos. Tal parece ser el caso del cambio de dirección de la línea de costa al norte de Arica. Los vientos sobre el océano frente a esta región presentan un notable cambio de dirección y típicamente las magnitudes son menores.

Para estudiar las relaciones entre el viento y el NMA, se emplearon los análisis de correlación y espectral siguiendo una metodología similar a la empleada para el viento y la TMC. En este caso las correlaciones fueron bajas y estadísticamente no distintas de cero para los diferentes períodos del año. Sin embargo, la coherencia presentó algunas bandas de frecuencia con valores altos, significativos al 95% de confianza (Fig. 27).

Figura 27

Coherencia entre la componente del viento a lo largo de la costa y el nivel del mar ajustado en Arica, Iquique y Antofagasta.



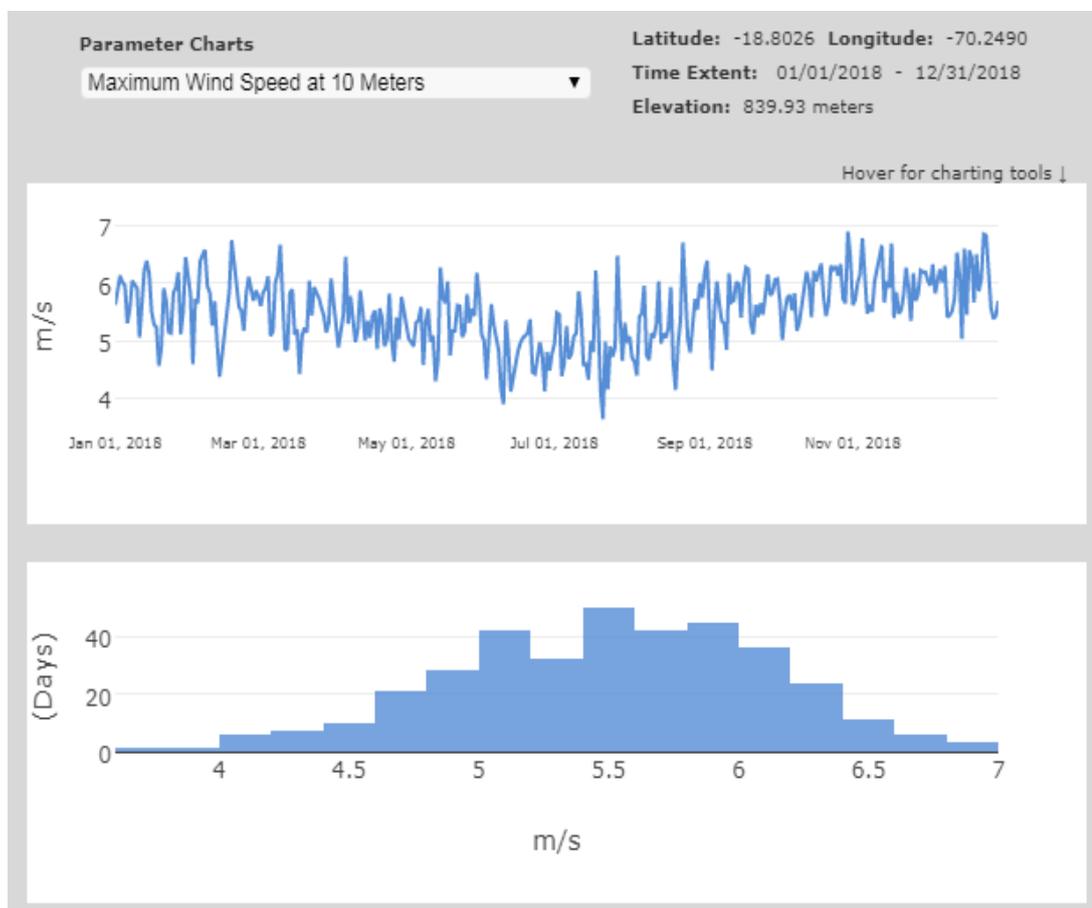
Fuente. Pizarro A., et al, (1994).

En relación a los estudios realizados se compararon con los datos históricos con que cuenta la (NASA Prediction of Worldwide Energy resource, 2018), en los cuales se puede observar que los promedios en los meses correspondientes al periodo de primavera verano se incrementa la velocidad del viento a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde esta se reduce como lo grafica la figura 28, 29.

Como conclusión los datos en referencia que se obtienen a lo largo de la costa norte de Chile predomina el viento proveniente del sudoeste durante todo el año. Este presenta una variación anual caracterizada por valores máximos en verano y mínimos en invierno. Las perturbaciones del viento presentan una variación anual, con máximas amplitudes en invierno y mínimas en verano.

Figura 28

Velocidad Del Viento Pampa Camarones A 10 Metros De Altura.

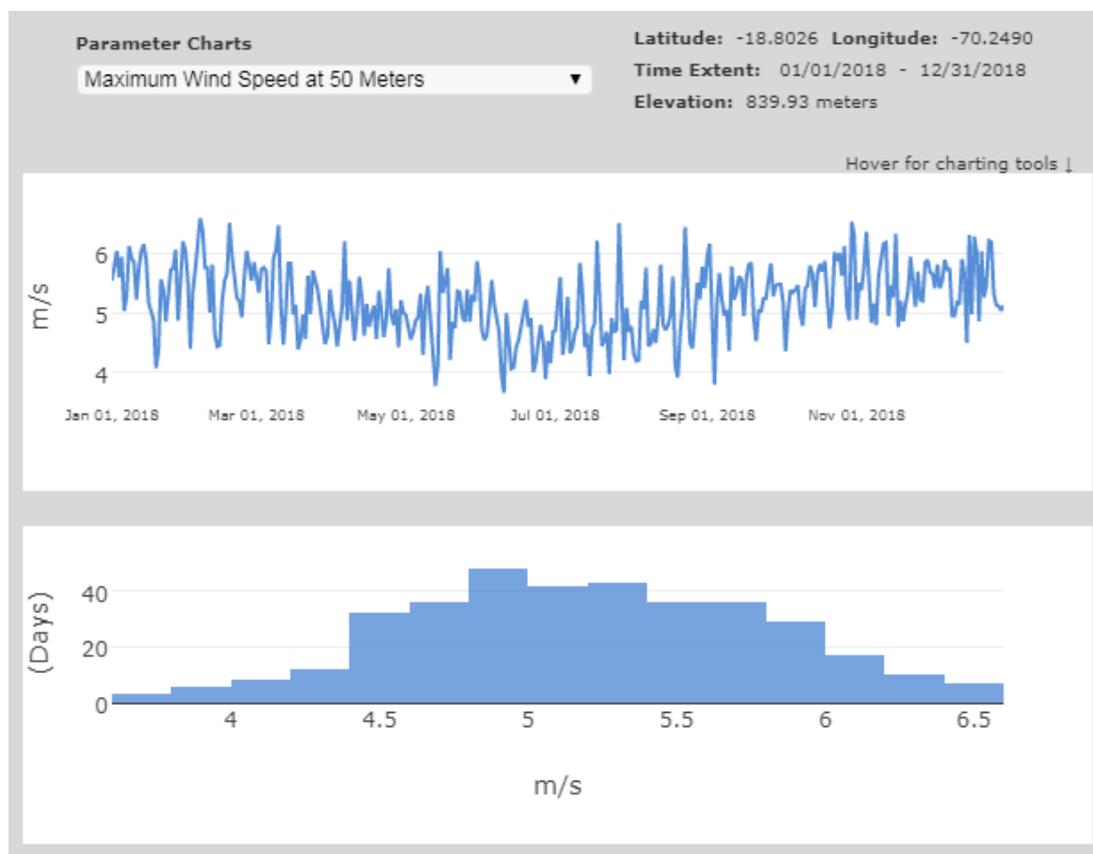


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 10 metros. en la zona Pampa Camarones Arica Chile.

Figura 29

Velocidad del Viento Pampa Camarones a 50 Metros de Altura.



Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica muestra la variación de la velocidad del viento entre los meses de enero a diciembre del año 2018 a una altura promedio de 50 metros en la zona Pampa Camarones Arica Chile.

4.3 Presentación de los Resultados

Objetivo Específico 2

- Medir la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones.

4.3.1 Medición

La gran extensión de territorio con que cuenta la Región de Arica y Parinacota, su ubicación geográfica, los factores climáticos, hacen que los sectores sean un potencial en lo que se refiere a energías limpias, de ahí de acuerdo a un reconocimiento visual, se monitorearon 3 sectores con esta potencial riqueza energética. De acuerdo al levantamiento georreferenciado del territorio, los resultados obtenidos, en nuestro estudio muestran marcadamente una gran diferencia entre los 3 sectores, siendo la zona de pampa Dos Cruces, la que presenta mayor área con una superficie de 13.240 (Ha), pendiente (%) y altitud (msnm), con condiciones morfológicas por sobre las zonas de cuesta El Águila con una superficie de 120 (Ha) y pampa Camarones con una superficie de 6.700 (Ha)., estos sectores están relacionados por su particularidad que van desde la costa a 0 msnm, hasta por los sobre 4.000 msnm.

Una de sus características principales son los cordones volcánicos, ratificado por (Rodríguez et al, 2014), el cual indica que, con un paisaje serrano modelado por estructuras tectónicas y volcánicas, área propicia para la generación de procesos de movimientos en masa, los que suelen modificar los rasgos geomorfológicos preexistente. Según (Golubev 1969) y (Hauser 1993), los espacios de montaña en Chile tienen las condiciones para que se generen movimientos en masas, y cuyo ejemplo más representativo en los sectores próximos al área estudiada. Obviamente se quiso elegir 3 sectores diferentes para distinguir cual es la mejor área, según (Seyfried et al. 1998), La precordillera en este sector se caracteriza por sus estribaciones desprendidas del cordón occidental de la cordillera de los Andes, conformadas a partir de acción tectónica y volcánica, así como también por procesos morfológicos derivados de numerosos aluviones desencadenados en el área.

En referencia a la morfología, también hay que considerar que las condiciones climáticas corresponden a las propias de un desierto marginal de altura con tendencia tropical, esto ratificado por (Fuenzalida 1965). Además hay que considerar que tanto las precipitaciones en época del invierno altiplánico, la altitud, temperatura y superficie influyen a la hora de elegir áreas de gran

extensión para los proyectos de ERNC, esto lo ratifican los estudios recientes acerca de investigación del cambio climático en el área del extremo norte del país, junto con evidenciar condiciones de alta irregularidad intraestacional e interanual de la precipitación, muestran una tendencia a su reducción, principalmente en la zona altiplánica (Bennett et al. 2016; Sarricolea et al. 2015), y para las temperaturas se ha detectado modificaciones que muestran un ascenso en los valores medios para las últimas décadas, situación que no está presente en sectores cordilleranos, registrándose solo un significativo incremento en las temperaturas mínimas (Meseguer-Ruiz et al. 2016).

Y como último factor a de este estudio en el reconocimiento de áreas disponibles en la región, es la influencia que tiene la pendiente de terreno que marca ostensiblemente estas zonas, como lo asevera (Naranjo et al., 1980, Paskoff et al., 1979), El norte grande de Chile (18.5° - 20°) se caracteriza, a pesar de la aridez del clima, por una profunda disección de los valles que proceden de la alta cordillera. Esto resulta de un aumento fuerte de la pendiente de la ladera oeste de la Cordillera Occidental desde aproximadamente 11-8 Ma. Las condiciones de este factor en conjunto con las fallas tectónicas hacen que este lugar reúna condiciones particulares como es el encajonamiento de relieves a diferentes alturas como así lo indica el (Sistema de vergencia oeste de la región de Belén, Muñoz y Charrier, 1996, García et al. 1996, 2005).

En comparación el Ministerio de Bienes Nacionales según normas del DF 1939 del año 1977 y Orden Ministerial N°2, existe una cantidad considerable de terreno fiscal que puede utilizarse para diversas actividades productivas, entre ellas, proyectos de ERNC. El país tiene más de 75 millones de hectáreas, de las cuales más del 51% corresponde a superficie fiscal, el cuál administra el Ministerio de Bienes Nacionales. En las 4 primeras regiones del país, desde el norte hacia el sur, se cuenta con alrededor de 16 millones de hectáreas de territorio de propiedad fiscal, las cuales forman en su conjunto un 21% de la superficie total del país, donde existe un alto potencial para la energía eólica y solar, así también en regiones del sur del país, donde se cuenta con un importante potencial eólico para generación, en este punto la Administración Regional de Arica y Parinacota

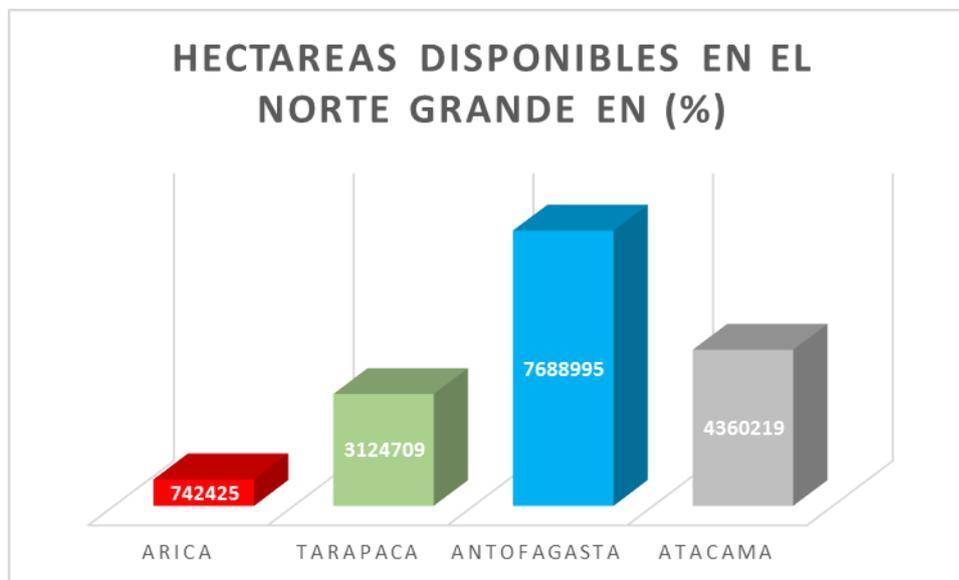
desde el 2012 a la fecha ha entregado un promedio de 6.112 Ha en diferentes tipos de administración como permiso de ocupación, concesión de uso oneroso, servidumbre eléctrica, que se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 23

Terrenos Bienes Nacionales Región Arica y Parinacota.

Año	Pampa Dos Cruces	Qda. El Águila	Pampa Camarones
2012	127 Ha	120 Ha	
2013	810 Ha		
2014	220 Ha		740 Ha
2015	424 Ha		
2016	160 Ha		
2017	26 Ha		
2018	120 Ha		3.121 Ha

Fuente Ministerio de Bienes Nacionales – Arica (2018).



Fuente: MBN – Superficie del Territorio Fiscal, Año 2011

De aquí la accidentada superficie donde se tomaron las muestras de estudio se debe principalmente a los eventos sísmicos que se producen en esta zona, como así lo indica (Dorbath et al. 1990; Comte y Pardo, 1991). El norte grande de Chile es también uno de los segmentos del margen oeste de los Andes donde han ocurrido importantes sismos de subducción. Trabajos recientes han puesto de manifiesto la existencia de una importante sismicidad cortical superficial (Farías et al. 2005; David et al. 2005).

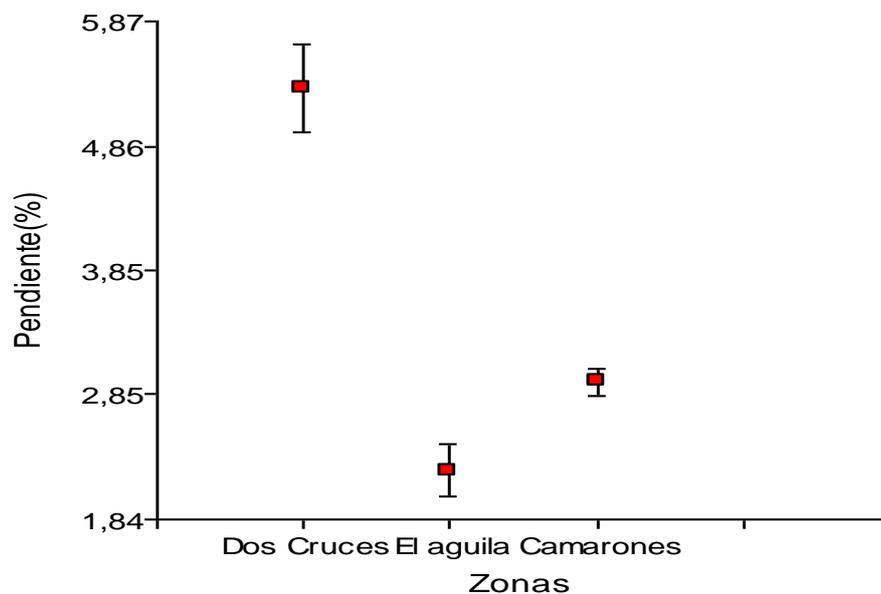
4.4 Prueba Estadística

4.4.1 Pendiente Andeva No Paramétrica

Las mayores pendientes (%), la presenta la zona de Pampa dos Cruces con un promedio de 52,6% que sus menores como Pampa Camarones con un promedio de 31,3% y por último quebrada El Águila con 16,5% ($F_{\text{calc}}(0.05) = 39.250$; $gl=20$; $P=0.0001$) (Figura 30).

Figura 30

Variación De Pendiente (%) Entre Las 3 Zonas De Estudio.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat (2018).

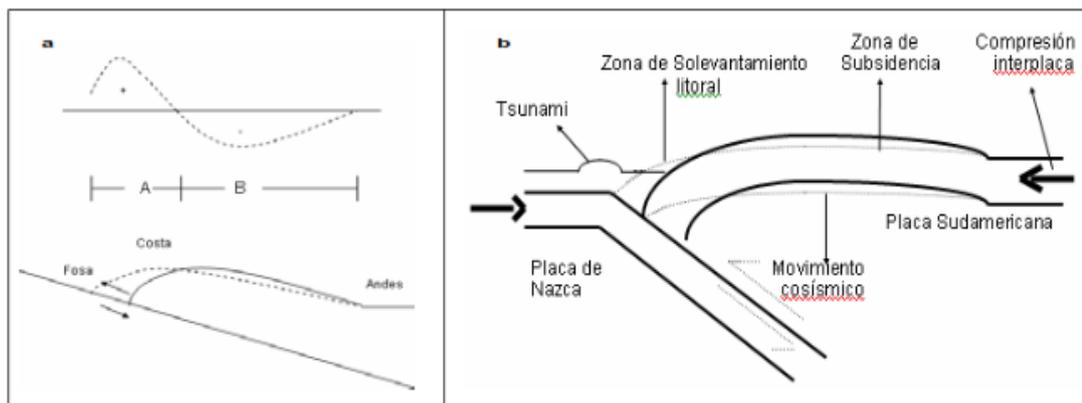
Discusión

De acuerdo a los resultados del monitoreo en las 3 zonas catastradas, se puede concluir que la relación entre pendiente (%) y superficie (Ha), depende de la morfología del relieve ya que existen rasgos muy distintos entre ellas, donde pampa Dos Cruces y pampa Camarones estos conformados desde un acantilado costero del orden de los 1000 msnm, en cambio quebrada El Águila, son las grandes quebradas formadas por profundos cañones de más de 600 m, cuyas incisiones en sentido este-oeste, cortan transversalmente las unidades del relieve desde el límite occidental de la Cordillera de los Andes, esto asegurado por (Brüggen, 1950), debido a su gran altitud y pendiente, estableció que tenía un origen tectónico, correspondiendo a un escarpe de falla. Esta idea fue retomada por (Armijo & Thiele, 1990) sobre la base de la actividad de fallas normales en la península de Mejillones y Zona de Falla de Atacama, por otro lado (Mortimer & Saric, 1972) no explican la causa y mecanismo de subsidencia litoral.

Los movimientos cosísmicos de terremotos que ocurrieron en 1868 y 1877 entre Arica e Iquique, produjeron una subsidencia de más de un metro en el litoral (Kausel, 1986). La subsidencia cosísmica de terremotos de subducción, es explicada por (Quezada, 2000) por extensión de un pliegue antiforme intersísmico en la zona de antearco de la placa Sudamericana. La zona de transición entre el sollevamiento cerca de la fosa, zona A y la subsidencia más al este (zona B) ocurre aproximadamente a 100 km al este de la fosa y como el litoral se aleja progresivamente de la fosa al norte de los 20° Lat. S (Fig. 31), alcanzando los 150 km en Arica (18,5° Lat. S.), corresponde a una zona de subsidencia cosísmica que favorece la erosión marina de la base del acantilado y el colapso gravitacional del acantilado.

Figura 31

Movimientos Cosísmicos Superficiales De Los Terremotos De 1939 Y 1960 En Concepción. Chile Centro Sur.



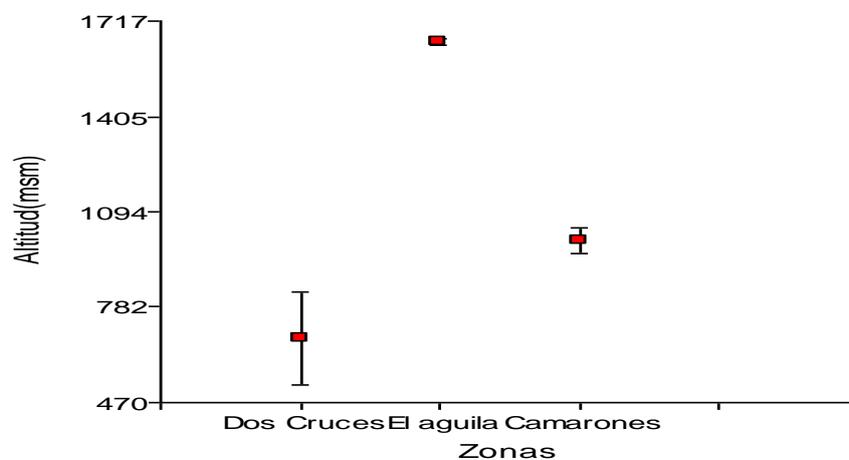
Fuente. Quezada & Cerda, (2003)

4.4.2 Altitud Andeva No Paramétrica

Las mayores altitudes (msnm), se presenta en la zona de quebrada El Águila con un promedio de 1649.36 msnm, mientras que en Pampa Camarones con un promedio de 999.9 msnm. y finalmente Pampa Dos Cruces con un promedio de 678.32 msnm. ($F_{\text{calc}}(0.05) = 57.730$; $gl=20$; $P=0.0001$) (Figura 32).

Figura 32

Variación De Altitud (Msnm) Entre Las 3 Zonas De Estudio.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat (2008).

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el efecto de la radiación solar tiene mucho que ver con la ubicación geográfica y la altitud en relación al nivel del mar, considerando la superficie (H_a), en relación a la altitud, nos entregan datos bien marcados, esto queda demostrado en los cálculos mediante el modelo TUV se realizaron en un período comprendido entre los años 1996-2003, introduciendo los parámetros de los lugares geográficos en que se hicieron las mediciones experimentales, (Rivas et al 2008), de igual forma estas mediciones para calcular el efecto altitudinal han sido realizadas en el paso por (Cabrera, et al 1985), quien midió con un radiómetro PUV-510 en las bandas de 305, 320, 340 y 380 nm, con un ancho de banda de 10 nm. Las mediciones fueron realizadas durante el verano e invierno en Arica (Lat. 18° 20'S; long. 70° 19' W, h = 20 m) y Putre (Lat. 18° 20' S; long. 69° 32' W, h = 3.460 m), en las bandas de 305, 320, 340, 380 nm; los porcentajes de aumento de irradianza UV por cada 1.000 m de altitud sobre el nivel del mar, fueron de un 5,1 % en verano y un 5,8% en invierno por cada 1.000 m de altitud.

En Europa, (Blumthaler et al 1993), Lat. 47° N midió con instrumentos de banda ancha un aumento para la irradianza ultravioleta A (UVA) 320-400 nm, por kilómetro entre 9-24% y para UVB entre 13-36%. Por otra parte, (Hessen, 1993) realizó mediciones a mediodía solar en Lat. 60° N, entre 2501.373m sobre el nivel del mar; las mediciones fueron obtenidas utilizando un espectrorradiómetro (Licor-1800 UW), con un ancho de banda de 2 (nm). Los resultados indican un aumento para 1.123 m de un 22% para 305 nm y de un 30% para 300 nm. Un ejemplo del monitoreo en la zona estudio, se presenta en el gráfico 4 que muestra las dosis eritémicas medidas en forma experimental y las calculadas mediante el modelo TUV en Zapahuiria (Lat. 18° 19' W, h = 3.200 m). Para el espesor de la columna de O₃ se ha utilizado en el modelo el valor promedio del día 23-septiembre medido entre los años 1996-2003.

$$O_3 = 265.0(DU), \tau_{(aer)} = 0.0.$$

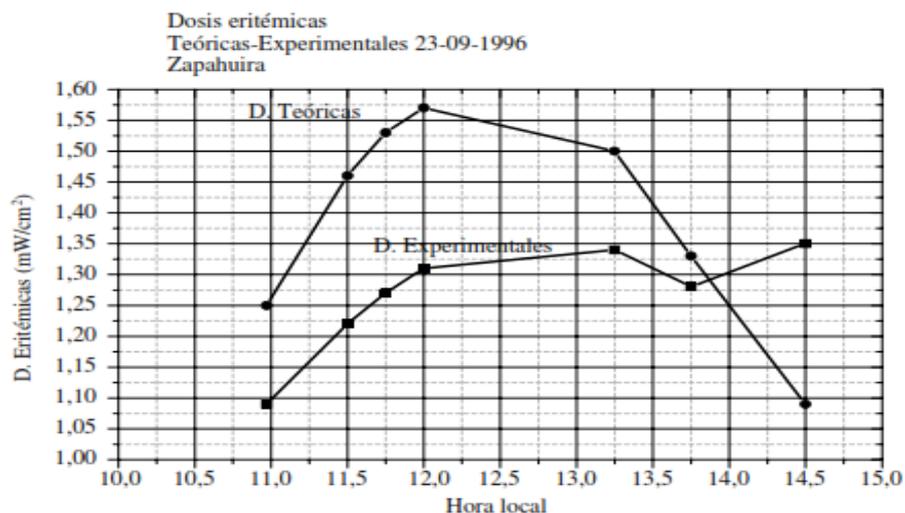


Gráfico 4. Comparación de valores de dosis eritémicas experimentales y teóricas, para el día 23/09/1995, Zapahuira.

4.5 Comprobación de Hipótesis

Temperatura Andeva No Paramétrica El Águila

Las mayores temperaturas se presentan en los meses de enero hasta abril, luego comienza a descender la temperatura hasta agosto, luego a partir de septiembre nuevamente se incrementa ($F_{\text{calc}}(0.05) = 166.07$; $gl=8$; $P=0.0001$) (Tabla 24, Figura 33). Las variaciones de temperatura, tuvieron un rango de 6.99 a 19.75

Tabla 24

Prueba De Contraste Sector El Águila

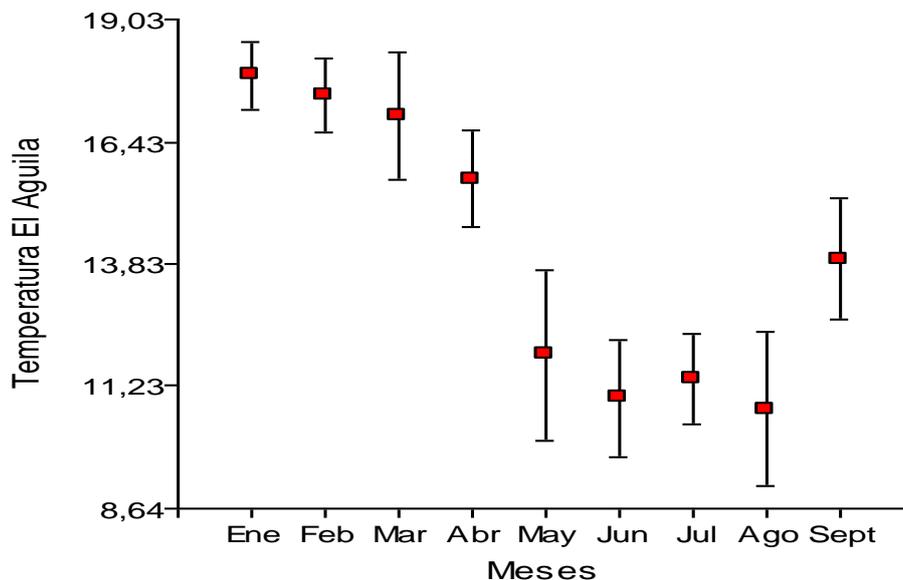
Prueba de contraste de Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00128					
Mes	Medias	n	E.E.		
8	10.75	31	0.23	A	
6	10.98	30	0.23	A	B
7	11.38	31	0.23	A	B
5	11.89	31	0.23		B
9	13.94	30	0.23		C
4	15.63	30	0.23		D
3	16.96	31	0.23		E
2	17.42	28	0.24		E
1	17.84	31	0.23		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat, (2018).

Figura 33

Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a septiembre 2018 en la zona del Águila Arica Chile.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat (2018).

Discusión

Si comparamos los resultados obtenidos, en el monitoreo de la zona quebrada el Águila y su ubicación geográfica que promedia una altitud por sobre los 2.500 msnm, lo que hacen que su condición sea la más óptima para absorber la irradiación solar, esto lo ratifica (Rivas et al, 1995), el cual destaca que la fuerte influencia de las condiciones locales de clima que imperan en la región y que condicionan los niveles de irradiación UVB que se reciben a nivel del suelo (por ej. invierno boliviano, el cual trae un aumento importante de nubosidad en el altiplano en fechas cercanas al solsticio de verano, con lo cual bajan drásticamente los niveles de IUV medidos en días nublados), si esto lo comparamos con los datos históricos con que cuenta la (NASA Langley Research Center, 2018), podemos observar que los meses correspondientes al periodo de primavera verano tienen altas temperaturas a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde las temperaturas descienden como lo grafica la figura 34 y 35.

Figura 34

Variación Temperatura Ambiental Quebrada El Aguila en 1 Año.

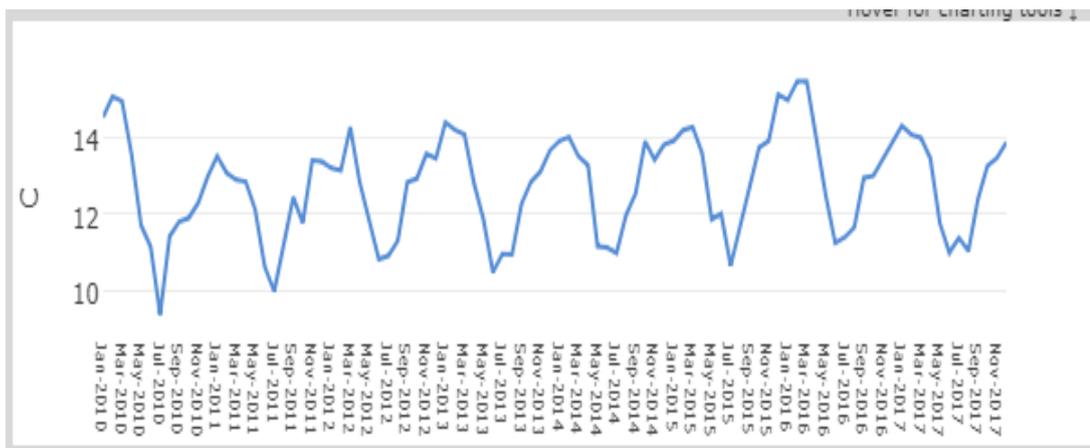


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre del año 2015 en la zona del Águila Arica Chile, a una altitud de 2727,93 msnm y ubicación geográfica, latitud 18.4383 longitud 69.9205

Figura 35

Variación Temperatura Ambiental Quebrada El Águila en 7 Años.



Fuente. Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre por los años 2010 a 2017 en la zona del Águila Arica Chile.

Las mayores temperaturas se presentan en los meses de enero hasta abril, luego comienza a descender la temperatura hasta agosto, luego a partir de septiembre nuevamente se incrementa ($F_{\text{calc}}(0.05) = 393.50$; $gl=8$; $P=0.0001$) (Tabla 25, Figura 36).

Tabla 25

Prueba De Contraste Sector Pampa Camarones.

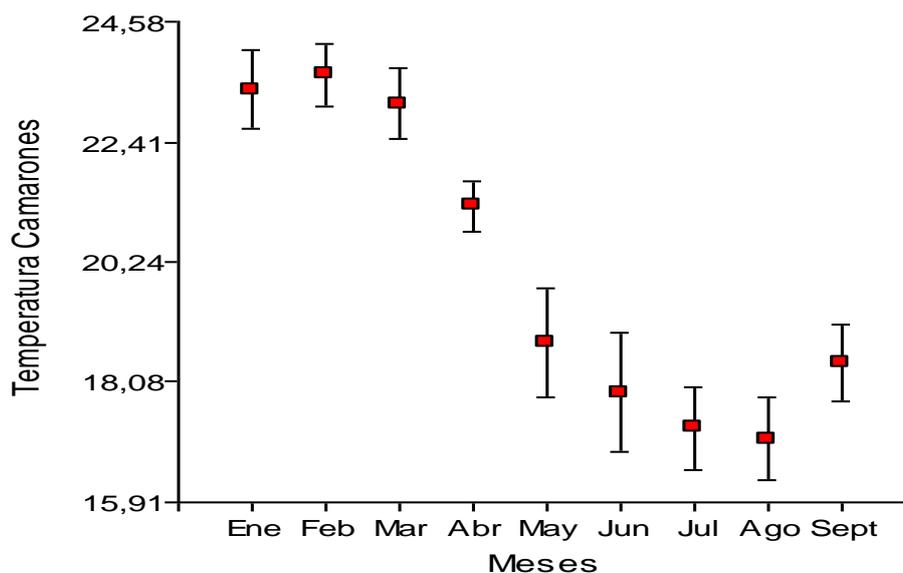
Prueba de contraste de Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00128				
Mes	Medias	n	E.E.	
8	17.05	31	0.14	A
7	17.25	31	0.14	A
6	17.89	30	0.14	B
9	18.42	30	0.14	B C
5	18.78	31	0.14	C
4	21.26	30	0.14	D
3	23.10	31	0.14	E
1	23.34	31	0.14	E
2	23.63	28	0.14	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat, (2018).

Figura 36

Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero septiembre 2018 en la zona Pampa de Camarones Arica Chile.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat (2018).

Discusión

En relación a la zona pampa Camarones, donde su ubicación geográfica promedia una altitud por bajo los 1.000 msnm, su condición intermedia entre la costa y precordillera son las aéreas de mayor extensión del territorio, además de ser óptima para absorber la irradiancia solar, esto lo ratifica (Rivas et a, 1995), el cual destaca que la fuerte influencia de las condiciones locales de clima que imperan en la región y que condicionan los niveles de irradiancia UVB que se reciben a nivel del suelo (por ej. invierno boliviano, el cual trae un aumento importante de nubosidad en el altiplano en fechas cercanas al solsticio de verano, con lo cual bajan drásticamente los niveles de IUV medidos en días nublados), si esto lo comparamos con los datos históricos con que cuenta la (NASA Langley Research Center, 2018), podemos observar que los meses correspondientes al periodo de primavera verano tienen altas temperaturas a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde las temperaturas descienden como lo grafica la figura 37 y 38.

Figura 37

Variación Temperatura Ambiental Pampa Camarones en 1Año.

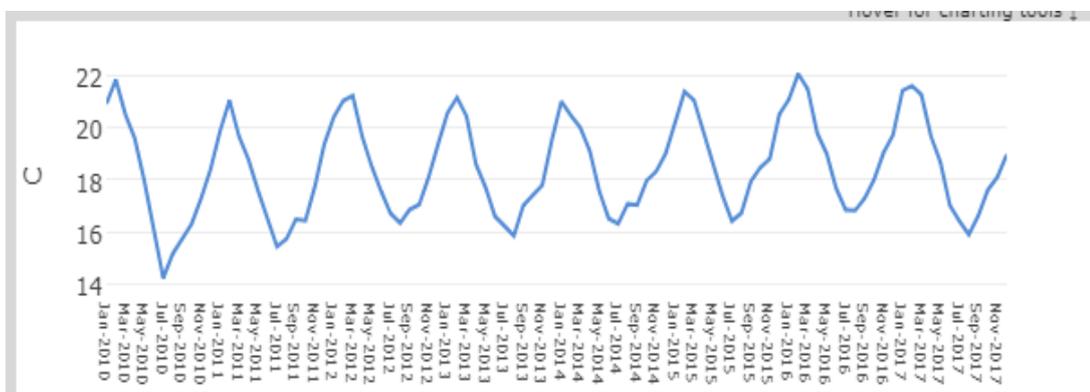


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre 2015 en la zona pampa Camarones Arica Chile, a una altitud de 839,93 msnm y ubicación geográfica, latitud 18.7957 longitud 70.2626

Figura 38

Variación Temperatura Ambiental Pampa Camarones en 7 años.



Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre 2018.

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre por los años 2010 a 2017 en la zona de pampa Camarones Arica Chile.

Temperatura Andeva No Paramétrica El Águila

Las mayores temperaturas se presentan en los meses de enero hasta abril, luego comienza a descender la temperatura hasta agosto, luego a partir de septiembre nuevamente se incrementa ($F_{calc}(0.05) = 299.87$; $gl=8$; $P=0.0001$) (Tabla 26, Figura 39).

Tabla 26

Prueba De Contraste Sector Dos Cruces.

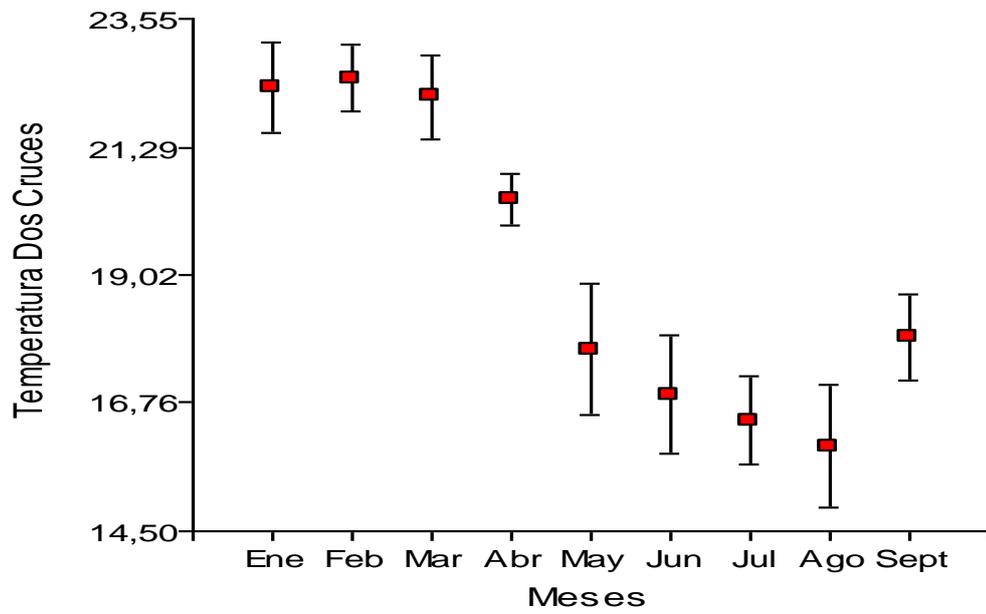
Prueba de contraste de Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00128				
Mes	Medias	n	E.E.	
8	15.99	31	0.15	A
7	16.45	31	0.15	A B
6	16.91	30	0.16	B
5	17.70	31	0.15	C
9	17.93	30	0.16	C
4	20.35	30	0.16	D
3	22.18	31	0.15	E
1	22.33	31	0.15	E
2	22.50	28	0.16	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat, (2018).

Figura 39

Variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a septiembre 2018 en la zona pampa dos cruces Arica Chile.



Fuente. Elaboración propia, programa libre InfoStat (2018).

Discusión

En relación a la zona pampa Dos Cruces, donde su ubicación geográfica promedia una altitud por sobre los 1.000 msnm, su condición intermedia entre la costa y precordillera, al igual que pampa Camarones, son las aéreas de mayor extensión del territorio, además de ser óptima para absorber la irradiancia solar, esto lo ratifica (Rivas et a, 1995), el cual destaca que la fuerte influencia de las condiciones locales de clima que imperan en la región y que condicionan los niveles de irradiancia UVB que se reciben a nivel del suelo (por ej. invierno boliviano, el cual trae un aumento importante de nubosidad en el altiplano en fechas cercanas al solsticio de verano, con lo cual bajan drásticamente los niveles de IUV medidos en días nublados), si esto lo comparamos con los datos históricos con que cuenta la (NASA Langley Research Center, 2018), podemos observar que los meses correspondientes al periodo de primavera verano tienen altas

temperaturas a diferencia de los meses junio a agosto correspondiente al invierno donde las temperaturas descienden como lo grafica la figura 40 y 41.

Figura 40

Variación Temperatura Ambiental Pampa Dos Cruces en 1 Año.

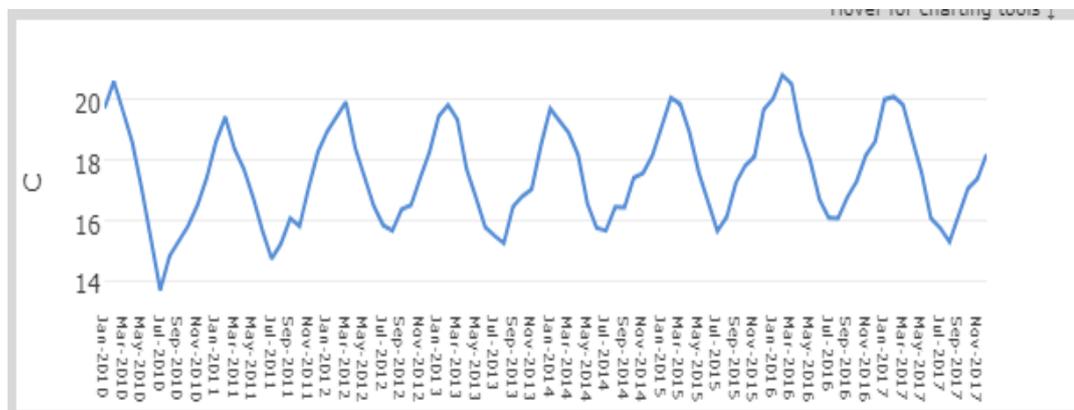


Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre 2015 en la zona pampa Dos cruces Arica Chile, a una altitud de 1.201,80 msnm y ubicación geográfica, latitud 18.4974 longitud 70.1552

Figura 41

Variación Temperatura Ambiental Pampa Dos Cruces en 7 años.



Fuente. Elaboración propia programa libre Google Earth, diciembre (2018).

Nota: La grafica indica la variación de temperatura ambiental entre los meses de enero a diciembre por los años 2010 a 2017 en la zona de pampa Dos Cruces Arica Chile.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos, se analizó las tres zonas geográficas de interés, en relación a las condiciones climáticas de la zona, que para los datos obtenidos corresponden a un desierto marginal de altura, con escasas precipitaciones en época del invierno y temperaturas que muestran un ascenso en los valores medios para las últimas décadas, como lo demuestran los datos obtenidos, como por ejemplo del monitoreo de la planta de pampa camarones, se obtuvieron resultados que pueden concluir que la relación de horas sol y humedad ambiente, su R ($r=0.51$), va relacionado con su ubicación geográfica, valle interior y especialmente la altitud que dan como componentes a esta área una zona semi seca, Sin duda, se trata de un área de contrastados paisajes (desierto costero y Altiplano andino), lo que se puede expresar en precipitación menor a 10 milímetros anuales (invernal y de origen sobre el océano Pacífico), bajo los 2000 metros de altitud, y más de 300 milímetros anuales en el Altiplano.

En el proceso de recopilación de datos y posterior correlación, nos indicó que uno de los factores climáticos que entrega una ventaja por sobre el promedio es la Irradiación o Irradiancia solar directa como lo demuestran los resultados obtenidos, donde las horas de sol variaron de 11.50 en junio a 13.59 en enero del 2018, en las 3 zonas monitoreadas de pampa Dos Cruces, quebrada el Águila y pampa Camarones (enero a septiembre 2018), lo que indica que en los meses de verano existe más horas luz y por ende mayor irradiancia solar a diferencia de los meses de invierno donde decae, tanto en luz día e irradiancia. Lo que nos indica positivamente las inmejorables condiciones que existen en el territorio tanto climáticas como geomorfológicas para la futura instalación de proyectos de

energía renovable no convencionales, (ERNC), a través de la tecnología solar fotovoltaica.

Por otro lado y de acuerdo a los objetivos específicos las áreas de estudio georreferenciada no presentaron grandes variaciones en su relieve y elementos limítrofes susceptibles de crear sombra, adicionalmente los terrenos tienen conectividad y accesibilidad, el estudio demostró que la pendiente y altitud comparativamente hacen la diferencia entre una zona y otra, los datos indican que las mayores pendientes (%), la presenta la zona de Pampa dos Cruces con un promedio de 52,6% que sus menores como Pampa Camarones con un promedio de 31,3% y por último quebrada El Águila con 16,5% a diferencia del factor de la altitud (msnm), donde quebrada El Águila con 2727.93 msnm se encuentra por sobre los 1000.00 msnm promedio que las otras dos zonas, lo que permite que las condiciones climáticas en esta zona sean las más óptimas por su escasa nubosidad.

5.2 Sugerencias o Propuesta

Primero:

Esta investigación quiere ser un aporte a las políticas públicas que propone el Ministerio de Bienes Nacionales en el marco del desarrollo de energías renovables no convencionales (ERNC), en su plan 2030, catastrando las inmejorables zonas de radiación solar en la macro región del norte grande.

Segundo:

En referencia a los indicadores climáticos, presentes en el estudio y comparados con datos históricos, se hace más necesario innovar e implementar en proyectos de energías limpias aprovechando un recurso natural como la radiación solar, recurso que tiene una cualidad de perpetua y que no corre peligro de agotarse a largo plazo.

Tercero:

En el desarrollo de esta investigación y como se indica en las conclusiones, el factor de altitud presente en unas de las áreas está estrechamente vinculada a las inmejorables captaciones de Irradiancia, lo que sigue que los estudios deben focalizarse en zonas de mayores altitudes y centradas en zonas de depresiones intermedias o sierras que por su escasa nubosidad, permite cielos limpios.

Referencias Bibliográficas

- (FSEC) Florida Solar Energy Center. (abril de 2015). <http://www.fsec.ucf.edu/en/> .
Obtenido de <http://www.fsec.ucf.edu/en/>
- Aguilar, G., Riquelme, R., Martinod, J., & Darrozes, J. (2013). Rol Del Clima Y La Tectónica En La Evolución Geomorfológica de Los Andes Semiaridos Chilenos entre los 27-32°S. *Revista Geologica de Chile*, V.40, pp. 79-101. doi:doi: 10.5027/andgeoV40n1-a04
- Angstrom, A. (1970). *Solar and Terrestrial Radiation* (Vol. V.50). Q.J.R. Meteorol Soc. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/qj.49705021008>
- Arrieta Paternina, M., Olmos Villalba, L., Izquierdo Nuñez, J., & Alvarez López, R. (2012). Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. *Rev. Prospectiva*, V.10(N°1), pp. 97-107.
- Ballesteros T., J., Velásquez H., C., Sierra V., M., Torres T., E., & Vélez G., E. (2010). *Santo Domingo Savio Un Territorio Reterritorializado*. Territorios.
- Barry G., R., & Chorley J., R. (2003). *Atmosphere Wheather and Climate*. New York.
- Barry, R., & Chorley, R. (1978). *Atmósfera, tiempo y Clima*. (Vol. 4). Barcelona: Omega.
- Becquerel, A. (1839). *Mémoire Sur Les Effets Électriques Produits Sous L'influence Des Rayons Solaires*. Comptes Rendus. Obtenido de <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.item.zoom>
- Begoña T., M. (2008). Calentamiento Global. *Cumbre de Pozman 14 Convención Naciones Unidas*. Obtenido de

http://www.oei.es/historico/noticias/spip.php?artcle3962&debut_5ultimasOEI=90

Bustos, X., Bermúdez A., M., Toro M., G., Bernet, M., Rojas, O., & Marín, M. (2013). Caracterización De Superficies De Erosión Mediante Geomorfología Cuantitativa, Altiplano Antioqueño, Cordillera Central de Colombia. *Terra*, V.29(N°46).

Christensen, J., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., & Gheld, I. (2007). Proyecciones Climaticas Regionales, Cambio Climatico 2007. *Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*, University Press Cambridge, pp. 214-254.

Cross, V. (2016). Ordenamiento Territorial en Chile. *Ladera Sur*. Obtenido de <https://laderasur.com/mas/ordenamiento-territorial-en-chile-como-se-esta-planificando-nuestro-territorio/>

Fabry Ch., B. (1913). *Étude de l'extrémité ultra-violette du spectre solaire*. J. Phys Radium. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00204283>

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile. (2012). http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/info/Documentacion_Explorador_Solar.pdf. Obtenido de http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/info/Documentacion_Explorador_Solar.pdf

Falvey, M., & Garreaud, R. (2009). Enfriamiento regional en un mundo en calentamiento. *Department of Geophysics, Universidad de Chile*, V. 114, p. 45. doi:doi:10.1029/2008JD010519

GEONICA SA. (2015). www.geonica.com. Obtenido de www.info@geonica.com: <https://www.hmei.org/wp-content/uploads/2015/07/9992-0039-PRESENTACION-SISTEMAS-GEONICA.pdf>

- Gómez O., D. (1994). *Ordenación Del Territorio: Una Aproximación Desde El Medio Físico*. Madrid: Agrícola Española.
- Houghton, J. T. (1992). Cambio Climático 1992. 212.
- Huillca, M., William, C., & Saavedra, M. (2017). Índice Ultravioleta en la Ciudad de Puno para cielos claros. *Investigación Altoandina*, 19(2).
- IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Clímaticos. (1997). *Libro de Trabajo para El Inventario de Gases de Efecto Invernadero*. Reino Unido.
- IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2013). *Cambio Climático 2013 Resumen para Responsables de Políticas*. Suiza. Obtenido de www.climatechange2013.org
- IPCC, C. G. (2002). *Cambio Climático y Biodiversidad*. Paris. Obtenido de <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- Jutglar B., L. (2004). *Energía Solar*. Barcelona-España: CEAC SA.
- Lapa Camayo, F., Hurtado Condezo, E., Cadillo Ramos, Y., Cadillo Ramos, R., & Vivas camayo, B. (2019). Estimación de la radiación solar global, mediante temperaturas extremas, aplicando el modelo Bristow-Campbell en la región Junín, Perú. *Revista Chilena de Ingeniería*, V.27(Nº4), pp.220-234. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400643>
- Miller, G. (2007). *Ciencia Ambiental Desarrollo Sostenible, un enfoque Integral* (Vol. 08). Mexico: Internacional Thomson.
- MINISTERIO DE SALUD. (2012). *ANÁLISIS DE SITUACIÓN*. Lima-Perú: ASKHA E.I.R.L.

- MINVU. (2018). *DDU 398 Manual para la confección de Ordenanzas de los Instrumentos de Planificación Territorial*. Santiago-Chile. Obtenido de https://www.minvu.cl/wp-content/uploads/2019/06/DDU-398-manual-para-confeccionar-ordenanzas_-final.pdf
- MINVU. (2019). *DDu 430 Manuel de Contenidos y Procedimientos para la Aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica en los instrumentos de Planificación Teritorial*. Santiago-Chile. Obtenido de <https://www.minvu.cl/wp-content/uploads/2019/06/DDU-430-entera.pdf>
- Muñoz, I., & Zalaquett, F. (2015). El Paisaje En El Ordenamiento Territorial Prehispanico Durante El Periodo Medio, Valle de Azapa, Norte de Chile. *Rev. Geografica Norte Grande*, pp. 21-62.
- Narvaez, J., Dielman, G., & Gordillo, G. (2008). Estudio del Potencial de Radiación Solar y de la Temperatura Ambiente en Lorica-Cordoba. *Rev. Colombiana de Física, V.40(Nº2)*.
- Nasa. (2004). *CLICK ON THE GRAPH TO SEE AN ENLARGED IMAGE*. Obtenido de http://www.biocab.org/Radiacion_Solar_Esta_Aumentando.html
- Pizarro A., O., Hormazabal F., S., Gonzalez C., A., & Yañez R., E. (1994). Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura. *Investigaciones Marinas*, pp. 85-101. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71781994002200007>
- Quezada, J., & Cerda, J. (2003). *Incisiones Transversales Profunda en la Cordillera de la Costa del Norte Grande de Chile*. Departamento de Ciencias de la Tierra Universidad de Concepción, Concepción-Chile. Obtenido de https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/Quezada2J_y_CerdaJ.pdf

- Rivas A., M., Rojas E., E., Cortés E., J., & Santander G., E. (2002). Efecto de la Altura en la Radiación Solar Ultravioleta en Arica Norte de Chile. *Facultad de Ingeniería UTA, Chile, 10*, pp. 59 -62.
- Rivas A., M., Rojas E., E., Cortés N., J., & Santander G., E. (2002). Datos Experimentales de Índice de Riesgo Solar Medidos en Arica, Norte de Chile durante el año 2002. *Facultad de Ingeniería Universidad de Tarapaca, 10*, p. 61.
- Sambandan, D., & Ratner, D. (2011). Protectores solares: descripción general y actualización. *Revista de la Academia Americana de Dermatología, V.64(Nº4)*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.01.005>
- Sarricolea Espinoza, P., & Romero Aravena, H. (2015). Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el Altiplano del norte de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande(Nº62)*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022015000300010>
- Sarricolea, P., Meseguer ruiz, O., & Romero Aravena, H. (2017). Tendencias De La Precipitación En El Norte Grande de Chile y su Relación con Las Proyecciones de Cambio Climático. *Dialogo Andino(Nº54)*, pp. 41-50.
- Sayago, S., Bocco, M., Ovando, G., & Willington, E. (2011). RADIACIÓN SOLAR HORARIA: MODELOS DE ESTIMACIÓN. *Avance en energías Renovables y Medio Ambiente, 15*.
- Selby, M. (1985). *La superficie cambiante de la Tierra: una introducción a la geomorfología*. Nueva York: Oxford University Press.
- Serrano, D., Marín, M., Ultrillas, M., Tena, F., & Martínez Lozano, J. (2010). Medida y Modelización de la Irradiancia Solar Eritematica Gobla sibre Planos Inclinados. *ACAM*, pp. 57-66. doi:103369/tethys 5.7.2010. S
- The European Parliament and the Council of the European Union. (2009). *Official Journal of the European Union*. Union Europea.

- Torrez, R., Burgos, A., & Ricaldi, E. (2013). Modelos de Estimación de la Radiación Solar para el Altiplano Central de Bolivia. *Revista Boliviana de Física*, V.23(N°23), pp. 1 - 7. Obtenido de http://www.scelo.or.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232013000200001
- Velez P., A., Vergara V., E., Barraza C., W., & Agudelo Y., D. (2015). Evaluación De Un Modelo Estadístico Para Estimar La Radiación Solar en Magdalena, colombia. *Rev. Tecno Lógicas*, V.18(N°35), pp.35-44.
- Venegas, C., Villicaña, O., & Arrieta, E. (2015). Cuantificación y Caracterización de la Radiación Solar en el departamento de La Guajira Colombia mediante el Cálculo de Transmisibilidad Atmosferica. *Universidad Autonoma del Caribe Barranquilla Colombia*, V.13(N°2), pp.54-63.

ANEXOS

Fotografías Campo de Investigación

La recopilación de datos de la investigación fue producto de la visita a terreno de las 3 zonas de estudio en el transcurso de enero a diciembre del año 2018:

1. Estación de monitoreo Pampa Camarones (engie)

Operador Guillermo Salas Robles

2. Estación de monitoreo el Águila (engie)

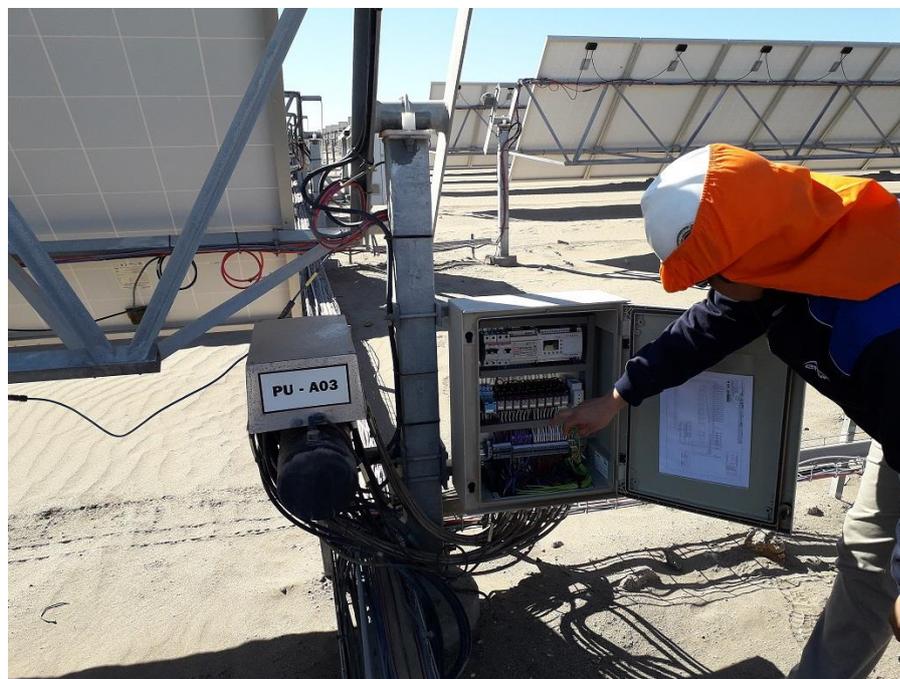
Operador Daniel Peña Romero

3. Estación de monitoreo hombres del desierto (universidad de Tarapacá)
Pampa dos Cruces

Operador Cristian Fonseca

Figura 42

Visita a Terreno Planta Pampa Camarones



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

Figura 43

Visita a Terreno Planta Pampa Camarones



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

Figura 44

Visita a Terreno Planta Pampa Camarones



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

Figura 45

Visita a Terreno Planta Pampa Camarones



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

Figura 46

Visita a Terreno Planta El Águila



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

Figura 47

Visita a Terreno Planta El Águila



Fuente. Elaboración propia diciembre (2018).

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE E INDICADORES
<p>¿Cuáles serán las zonas geográficamente inmejorables, dentro de las políticas por parte del estado, para implementar áreas disponibles para proyectos de ERNC en las tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones)?</p>	<p>Realizar un análisis de los factores climáticos y geográficos de las tres zonas de interés para el desarrollo de los proyectos de Energía Renovable No Convencional, en tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones).</p>	<p>El análisis comparativo de los factores climáticos y geográficos en las tres zonas de interés (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones), demuestran que son las zonas más óptimas para el desarrollo de los proyectos de Energía Renovable No Convencional.</p>	<p>Zonas Geográficas: -Pampa Dos Cruces -Cuesta El Águila -Pampa camarones</p> <p>Desarrollo de las Energías Renovables: -Temperatura -Humedad -Horas Sol -Velocidad del Viento -Radiación Solar</p>
<p>¿Serán los factores climáticos de número de horas sol y radiación solar, las que influyan para implementar positivamente proyectos de ERNC en tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones) en relación a los factores de temperatura, humedad y velocidad del viento?</p>	<p>Determinar y correlacionar los factores climáticos de acuerdo a las horas sol y radiación solar, que influyen para implementar positivamente proyectos de ERNC en las tres zonas de estudios (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones), en relación a temperatura, humedad y velocidad del viento.</p>	<p>Los factores climáticos de número de horas sol y radiación solar, influyen positivamente para implementar positivamente proyectos de ERNC en tres zonas (pampa Dos Cruces, cuesta El Águila y pampa Camarones) en relación a los factores de temperatura, humedad y velocidad del viento.</p>	<p>Zonas Geográficas: -Pampa Dos Cruces -Cuesta El Águila -Pampa camarones</p>
<p>¿Será la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones?</p>	<p>Medir la zona de pampa Dos Cruces, la que presente mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones.</p>	<p>La zona de pampa Dos Cruces, es la que presente la mayor área (ha), pendiente (%) y altitud (msnm), en relación a las zonas de cuesta El Águila y pampa Camarones.</p>	<p>Desarrollo de las Energías Renovables: -Temperatura -Humedad -Horas Sol -Velocidad del Viento -Radiación Solar</p>