



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y
CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT DE *Austrocylindropuntia
subulata* (Muehlenpf.) Backeb. (CACTACEAE) EN EL CERRO
ESPINAL - JULIACA, 2018**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. JHASENCA KEYSERLIN QUISPE APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

Dios Todopoderoso, por darme la sabiduría y la fuerza necesaria para enfrentar los obstáculos de la vida y seguir adelante aun en los momentos más difíciles, por ser la fuerza que impulsa nuestra existencia en el camino que recorreremos en la vida.

A mis padres: Lelis Apaza Lipa y Guido Miguel Quispe Caceres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que soy.

A mi hermana Mariángeles Jhaqueline y mi hermano Leonardo Guido que son el motivo de superación de este proyecto.

A mi compañero de vida, Ronald Mestas, por su apoyo y ayuda incondicional en todo momento. Por demostrarme que los retos de la vida no son obstáculos para ser triunfadores que solo hace falta ser perseverantes.

Jhasenca Keyserlin

“Es algo sano y necesario volver la mirada a la tierra y, al contemplar sus bellezas, reconocer el asombro y la humildad”.

Rachel Carson



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Nacional del Altiplano, alma mater que me brindo todas las herramientas para construir los pilares de mi formación profesional.

Mi eterno agradecimiento a la Facultad de Ciencias Biológicas, por darme todo el conocimiento hasta ahora adquirido, en especial al área de Ecología y cada uno de los docentes, gracias por cada una de sus enseñanzas impartidas y experiencias compartidas, contribuyeron de gran manera en mi formación profesional.

Al profesor Buenaventura Optaciano Carpio Vásquez, por incluirme en el equipo de trabajo del Herbario UNAP “Antonio Raymondi”, cuando era estudiante de la Facultad de Ciencias Biológicas, he ahí el interés de mi parte por la flora andina, en especial los cactus.

A mi Director de Tesis M.Sc. Edwin Orna Rivas, por haber aceptado y dirigirme, por sus alcances y comentarios durante el desarrollo y culminación de mi investigación.

A los miembros del jurado Dr. Sc. Belisario Mantilla Mendoza, M.Sc. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho y M.Sc. Alfredo Loza del Carpio, por los aportes, sugerencias y por el tiempo dedicado en la revisión para enriquecer mi trabajo de investigación.



Al Laboratorio de Suelos - Salcedo de la Estación Experimental Illpa del INIA, por el apoyo y permitirme la realización de los análisis de caracterización de las muestras de suelo del ámbito de estudio de mi investigación.

Al Instituto Científico Edwin Owen Dillon (IMOD), al Blgo. Victor Quipuscoa Silvestre del por el reconocimiento de la especie de cactus de mi investigación.

Le doy gracias a mis padres Lelis y Guido por apoyarme en todo momento, por hacer esfuerzos para que logre ser profesional, y llegar hasta donde estoy.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida, Mariángeles que siendo niña con su entusiasmo me acompañaba en mis salidas de campo durante la realización de mi tesis, y a Leonardo por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A Ronald Mestas, por ser una parte muy importante de mi vida, por sus palabras de aliento, por estar siempre dispuesto a ayudarme en lo que sea necesario y por todas las aventuras compartidas, muchas gracias.

Finalmente, un agradecimiento para todas aquellas personas que no menciono, pero sin embargo contribuyeron de alguna manera en la culminación de este trabajo, gracias.

Jhasenca Keyserlin Quispe Apaza



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN14

ABSTRACT.....15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL18

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....18

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES19

2.2. MARCO TEÓRICO25

2.3. MARCO CONCEPTUAL35

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....38

3.2. TIPO DE ESTUDIO39

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA39

3.4. METODOLOGÍA.....40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1. DETERMINAR EL PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE
AUSTROCYLINDROPUNTIA SUBULATA A LO LARGO DE
GRADIENTES ALTITUDINALES.....50**

**4.2. IDENTIFICAR LA VEGETACIÓN ASOCIADA CON
AUSTROCYLINDROPUNTIA SUBULATA A LO LARGO DE LAS**



GRADIENTES ALTITUDINALES EN EL CERRO ESPINAL, JULIACA.....	63
4.3. INTERPRETAR LOS FACTORES ABIÓTICOS DEL HÁBITAT DE LA CACTÁCEA AUSTROCYLINDROPUNTIA SUBULATA EN EL CERRO ESPINAL, JULIACA.	69
V. CONCLUSIONES	88
VI. RECOMENDACIONES	90
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	103

Área: Ciencias Biomédicas.

Línea: Conservación y aprovechamiento de recursos naturales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de julio del 2020



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de gradientes altitudinales establecidas en el área de estudio.	40
Tabla 2. Densidad poblacional de <i>A. subulata</i> , a diferentes gradientes altitudinales en el cerro Espinal.	50
Tabla 3. Índice de dispersión de “Pata Quisca” en las tres gradientes altitudinales en el Cerro Espinal, Juliaca (2017-2018)	51
Tabla 4. Prueba de Ji cuadrado e índices de dispersión (ID) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> durante los meses de noviembre - diciembre 2017 y enero- febrero 2018, en el cerro Espinal de Juliaca.	52
Tabla 5. Prueba de Ji cuadrado e índices de dispersión (ID) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> durante los meses de marzo, abril, mayo 2018, en el cerro Espinal de Juliaca.....	54
Tabla 6. Análisis de Kruskal Wallis respecto al número de individuos/ 100m ² de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> entre gradientes altitudinales (alta, media, ladera), en el cerro Espinal – Juliaca, 2017 y 2018.....	59
Tabla 7. Prueba de Tukey del número de individuos de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> con respecto a las gradientes altitudinales. En el Cerro Espinal – Juliaca (2017 – 2018)	60
Tabla 8. Análisis de Kruskal Wallis respecto número de individuos/ 100m ² de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> , entre meses (noviembre, diciembre, 2017 y enero, febrero, marzo, abril, mayo, del 2018) en el Cerro Espinal – Juliaca.....	61
Tabla 9. Prueba de Tukey del número de individuos de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> (Muehlenpf.) Backeb. 1939 con respecto a los meses de evaluación en el Cerro Espinal – Juliaca (2017 – 2018).....	62



Tabla 10. Medida y naturaleza de asociatividad entre <i>Austrocylindropuntia subulata</i> y otras especies censadas a lo largo de las gradientes altitudinales evaluación en el cerro Espinal – Juliaca.	65
Tabla 11. Porcentaje de las familias asociadas a la cactácea <i>Austrocylindropuntia subulata</i>	67
Tabla 12. Temperatura del suelo a 30 cm de profundidad en las tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018...70	
Tabla 13. Humedad del suelo 30 cm de profundidad tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el Cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018.....	72
Tabla 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre <i>A. subulata</i> y temperatura, y humedad del suelo del cerro Espinal.	73
Tabla 15. Resultados de análisis de fertilidad de suelo en las gradientes altitudinales en el cerro Espinal de Juliaca, 2018.	77
Tabla 16. Coeficiente de correlación de Pearson entre factores edafológicos del cerro Espinal y el índice de distribución de <i>A. subulata</i>	78
Tabla 17. Datos meteorológicos de temperatura y precipitación pluvial (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. EMA Juliaca.....	79
Tabla 18. Datos meteorológicos de humedad relativa y radiación solar acumulada (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.	83
Tabla 19. Rangos de grados para terminar la dirección del viento a partir del Norte topográfico.....	85
Tabla 20. Datos meteorológicos de velocidad de viento y dirección de viento (promedio por mes y año), (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.....	86
Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson entre los factores ambientales obtenidos de EMA- SENAMHI – Juliaca con ID de <i>A. subulata</i>	87



Tabla 22. Registros de campo: número de individuos en 100 m (ind/m ²) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> (normalizados para determinar el ID), en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de noviembre y diciembre del 2017 y enero del 2018	103
Tabla 23. Registros de campo: número de individuos en 100 m (ind/m ²) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> (normalizados para determinar el ID), en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de febrero, marzo, abril, mayo del 2018.	104
Tabla 24. Registro de campo: número de individuos por cien metros cuadrados (ind/100m ²) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> , en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de noviembre y diciembre del 2017 y enero del 2018.	105
Tabla 25. Registro de campo: número de individuos por cien metros cuadrados (ind/100m ²) de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> , en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de febrero a mayo del 2018.....	106
Tabla 26. Matriz de presencia y ausencia de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> , en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de febrero, marzo, abril, mayo del 2018.	107



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista fotográfica de la cactácea <i>Austrocylindropuntia subulata</i> in situ en el cerro Espinal – Juliaca, 2017-2018.....	34
Figura 2. Ubicación geográfica de las zonas evaluadas en el Cerro Espinal de Juliaca.	39
Figura 3. Ubicación de los cuadrantes, en las tres gradientes los de verde son de la zona alta, los de color rojo a zona media, los celeste corresponde a ladera, en el Cerro Espinal, Juliaca, Puno (2017-2018)	41
Figura 4. Muestreo aleatorio para evaluar el grado de asociación de la cactácea con otras especies.....	42
Figura 5. Recojo de muestra de suelo para el análisis en el Laboratorio de suelos del INIA, en el cerro espinal, Juliaca (2018).	43
Figura 6. Análisis del suelo de la zona de estudio, en el laboratorio de suelos, INIA (2018).....	44
Figura 7. Esquema de la tabla de contingencia elaborada para determinar el grado de asociación entre la cactácea y otras especies.	48
Figura 8. Índices de Dispersión de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> en los meses noviembre del 2017 a mayo del 2018 en el Cerro Espinal –Juliaca.....	51
Figura 9. Nomograma de Clapham e índices de dispersión ploteados de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> noviembre – diciembre (2017) y enero y febrero (2018) en el cerro Espinal, Juliaca.....	56
Figura 10. Nomograma de Clapham e índices de dispersión ploteados de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> marzo – abril – mayo en el cerro Espinal, Juliaca, 2018.....	57



Figura 11. Promedio del número de individuos <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> entre zonas (zona alta, zona media, ladera) en el Cerro Espinal- Juliaca, 2017-2018.	60
Figura 12. Promedio del número de individuos de <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> , entre meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio) en el Cerro Espinal – Juliaca.	62
Figura 13. A. Efecto nodriza con <i>Baccharis salicifolia</i> (Chilca chilca) y <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> . B y D. Asociación con <i>Stipa ichu</i> (Poaceas) y <i>Viguiera lanceolata</i> (Asteráceas) C. Plántula de <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> , en asociación positiva con individuos de Gramíneas.	64
Figura 14. Medidas de asociación con las familias encontradas en el Cerro Espinal, Juliaca, (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), (2017 y 2018).	68
Figura 15. Temperatura del suelo tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el Cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018	70
Figura 16. Humedad del suelo en las tres gradientes altitudinales, durante los meses de estudio (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), en el Cerro Espinal, Juliaca, 2017 – 2018.	73
Figura 17. Porcentaje de composición entre arena, arcilla, limo en los puntos de evaluación de las tres zonas (ladera, media, alta), en el cerro Espinal, Juliaca, 2018.	75
Figura 18. Patrón precipitación pluvial (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.	80



Figura 19. Patrón de temperatura promedio horaria, temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017,2018.	81
Figura 20. Patrón de humedad relativa horaria promedio, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017,2018.....	84
Figura 21. Patrón de radiación solar acumulada horaria promedio, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017,2018.....	85
Figura 22. Vista de panorámica del ámbito de estudio donde se puede observar la extracción de lastre (Cantera) como se encuentra el cerro Espinal	108
Figura 23. Se puede observar la venta de espinas en Semana Santa en el Cerro Espinal.....	108
Figura 24. Bosque de la cactácea en estudio.	109
Figura 25. Cerro Espinal declarado como Patrimonio Cultural de la Nación, protegido con Ley N° 28236.....	109
Figura 26. Análisis de la composición del suelo de la zona de estudio, en el laboratorio de suelos, INIA- Salcedo - 2018.....	110
Figura 27. Especie identificada <i>Acanthoxanthium spinosum</i>	110
Figura 28. Especie identificada <i>Muhlenbergia peruviana</i>	111
Figura 29. Especie identificada <i>Stipa obtusa</i>	111
Figura 30. Especie identificada <i>Baccharis tricuneata</i>	112
Figura 31. Especie identificada <i>Festuca dolichophylla</i> y <i>Sunchus asper</i>	112
Figura 32. Especie identificada <i>Margyricarpus pinnatus</i> y <i>Festuca dichoclada</i>	113
Figura 33. Especie identificada <i>Lupinus mutabilis</i> y <i>Viguiera rudbeckioides</i>	113
Figura 34. Búsqueda de especies nodrizas en el cerro Espinal.....	114
Figura 35: Gradiente altitudinal zona alta de evaluación.	114



Figura 36. Especie identificada <i>Bidens pilosa</i> en la asociación con <i>A. subulata</i>	115
Figura 37. Identificación de <i>Austrocylindropuntia subulata</i>	115
Figura 39. Cactus de <i>Austrocylindropuntia subulata</i> “ <i>pataquisca</i> ” en el cerro Espinal - Juliaca.....	116



RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el cerro Espinal, Juliaca, durante los meses de noviembre del 2017 a mayo del 2018, los objetivos: 1) Determinar el tipo de patrón de distribución espacial de *A. subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en meses de evaluación 2) Identificar la vegetación asociada con *A. subulata* 3) Interpretar los factores abióticos en el hábitat de la cactácea *A. subulata*, para muestreos de campo se utilizó cuadrantes aleatorios de 10 m² a lo largo de gradientes altitudinales, según la altitud (ladera, zona media, zona alta, los resultados señalan que la cactácea presenta un patrón de distribución espacial agregado en las tres gradientes, para la zona alta ID= 1.26, zona media ID= 2.24, ladera ID=1.39, en meses de evaluación t presenta el mismo patrón, censo de individuos de *A. subulata* se encontró densidad promedio de 28.45 ind/100 m² gradiente altitudinal media, gradiente altitudinal ladera 11.11 ind /100m², y para zona alta 12.08 ind/100m². La prueba estadística determinó que hay significancia entre el número de ind/100m² entre las tres gradientes (Hcal = 34.23), respecto a los meses no existe diferencia, *A. subulata* tiene asociación positiva con *Viguiera lanceolata*, *Eupatorium sp.*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Senecio rubbedkifolius*, *Muhlenbergia peruviana*, *Calamagrostis curvula*, *Baccharis lanceolata*, relacionadas mediante el efecto planta nodriza, determinándose 37 especies distribuidas en 09 familias. La temperatura y humedad del suelo tiene una correlación de Pearson negativa y significativa con el patrón agregado del cactus, factores ambientales, como temperatura máxima diaria, radiación solar aculada diaria, velocidad del viento tienen un coeficiente de correlación de Pearson no significativa, con el patrón de distribución agregado, factores edafológicos como % MO, N, pH (con rangos de 6.53 hasta 7, ligeramente ácido hasta neutro), nutrientes disponibles como el contenido de P y K (son mayores en la gradiente altitudinal media) tienen correlación significativa cercana a 1 con el patrón agregado y la CE (suelo ligeramente salino), y CIC como Ca, Mg, Na, K tienen una correlación negativa y no significativa por debajo de 1.

Palabras claves: distribución espacial, agregada, asociación positiva, planta nodriza, sustrato.



ABSTRACT

The research work was carried out on Espinal Hill, Juliaca, during the months of November 2017 to May 2108. The objectives were: 1) To determine the type of spatial distribution pattern of *A. subulata* along altitudinal gradients in months of evaluation 2) To identify vegetation associated with *A. subulata* 3) To interpret abiotic factors in the habitat of the cactus *A. subulata*, for field sampling we used random quadrants of 10 m² along altitudinal gradients, according to altitude (slope, middle zone, high zone, the results indicate that the cactus has an aggregate spatial distribution pattern along the three gradients, for the high zone ID= 1. 26, middle zone ID= 2.24, slope ID=1.39, in months of evaluation t presents the same pattern, census of individuals of *A. subulata* was found average density of 28.45 ind/100 m² average altitudinal gradient, altitudinal gradient slope 11.11 ind /100m², and for high zone 12.08 ind/100m². The statistical test determined that there is significance between the number of ind/100m² between the three gradients ($H_{cal} = 34.23$), with respect to the months there is no difference, *A. subulata* has positive association with *Viguiera lanceolata*, *Eupatorium sp.*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Senecio rubbedkifolius*, *Muhlenbergia peruviana*, *Calamagrostis curbula*, *Baccharis lanceolata*, related by the effect mother plant, determining 37 species distributed in 09 families. The temperature and humidity of the soil have a negative and significant Pearson correlation with the aggregate pattern of the cactus, environmental factors such as maximum daily temperature, daily accumulated solar radiation, wind speed have a non-significant Pearson correlation coefficient, with the aggregate distribution pattern, soil factors such as % MO, N, pH (with ranges of 6. 53 to 7, slightly acidic to neutral), available nutrients such as P and K content (are higher in the mean altitudinal gradient) have a significant correlation close to 1 with the aggregate pattern and EC (slightly saline soil), and CIC such as Ca, Mg, Na, K have a negative and non-significant correlation below 1.

Keywords: Spatial distribution, aggregate, positive association, mother plant, substrate.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El desequilibrio ecológico es un problema mundial y es grave debido al crecimiento incontrolado de la población humana y la influencia directa del hombre sobre los ecosistemas en su destrucción o transformación. Como ocurren varios ecosistemas se perdieron debido a diversos impactos ambientales generados por el hombre y con esto llevo a la pérdida de biodiversidad, fragmentación de hábitat y extinción de especies entre otros problemas ambientales.

La presencia del cerro Espinal en la ciudad de Juliaca contribuye en mejorar el clima del medio ambiente local, y logra amortiguar las agresiones de los vientos que son característicos en nuestro medio (Apaza, 2011), es uno de los cerros más concurridos por los pobladores de Juliaca en Semana Santa, viene desapareciendo cada año, por la irresponsabilidad de personas inescrupulosas que extraen piedra sin autorización (LOS ANDES, 2013) y lo han convertido en cantería, esto debe ser corregido y remediado de inmediato ya que su destrucción no sólo afecta a la historia y tradición local, sino es un gravísimo atentado al medio ambiente (Zea, 2010) y esto va afectando el hábitat de cactus y otras especies de vegetales, que se encuentran allí.

Uno de los mensajes universalmente reconocidos es el de proteger el medio ambiente de cualquier tipo de depredación y contaminación, y esto debe aplicarse en los lugares turísticos y arqueológicos de la ciudad de Juliaca (Apaza, 2011), se puede apreciar, este fenómeno de nuestro relieve, que tiene la denominación de cerro Espinal debido a que allí, han logrado adaptarse varias comunidades de cactáceas en especial *Austrocylindropuntia subulata* que llama a nuestra curiosidad; este vegetal tiene sus orígenes en los andes peruanos según (Ostolaza, 2014). Y este bosque de espinas sirve de hábitat a miles de animales pequeños, como aves, anfibios, insectos, roedores, entre



otros; que al igual que el ser humano tienen derecho a la vida, y existe incompleta información sobre esta cactácea, ya que la fragmentación del hábitat puede estar disminuyendo su población y puede ocasionar la desaparición de otras especies como este cactus.

Es por eso que al tener un alto grado de endemismo, muchas cactáceas son vulnerables a la fragmentación (Valencia, 2012). Las cactáceas columnares se presentan como una de las formaciones vegetales dominantes y sus especies juegan un rol vital en el flujo de energía como eje principal de todos los procesos y en la cadena trófica de una serie de organismos, al constituir la cobertura vegetal dominante. Las cactáceas cumplen un rol importante en los ecosistemas constituyendo un elemento esencial en el paisaje, gracias al sistema radicular amplio y superficial que forma una malla que interviene en los procesos de erosión y desertificación de los suelos y puesto que las raíces poseen pelos absorbentes caducos se constituyen como una fuente continua de materia orgánica que se incorpora al suelo.

Demostrar que esta cactácea se desarrolla a una altitud sobre los 3800 m.s.n.m, con factores ambientales propios de la Puna, ya que según bibliografía solo encontramos este cactus a 3500 m.s.n.m, este estudio está orientado a la conservación de esta cactácea, como línea base, con la finalidad de que su hábitat no sea alterado por las actividades antropogénicas a futuro, se debe evitar que una especie llegue a estar categorizada en el libro rojo o CITES. A la vez esta especie solo se llega a observar en el cerro Espinal mas no en otras zonas aledañas en Juliaca, es por eso importante el estudio de esta población de cactus, para su conservación.



1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el patrón de distribución espacial de la cactácea *Austrocylindropuntia subulata* y su hábitat en el cerro espinal de Juliaca.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el patrón de distribución espacial de *Austrocylindropuntia subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en relación a los meses de evaluación en el cerro Espinal, Juliaca.
- ✓ Identificar la vegetación asociada a *Austrocylindropuntia subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en el cerro Espinal, Juliaca.
- ✓ Interpretar los factores abióticos en el hábitat de la cactácea *Austrocylindropuntia subulata* en el cerro Espinal, Juliaca.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Las cactáceas son nativas del nuevo mundo y están distribuidas principalmente en regiones áridas y secas (Ceroni y Castro, 2013). Son plantas más representativas de ambientes áridos y semiáridos en América, su distribución se encuentran en las regiones áridas del norte y sur de América, especialmente en México y el suroeste de los Estados Unidos de América, los Andes y el este de Brasil (Larios *et al.* 2019; Ortega-Baes *et al.* 2015).

Se habrían formado hace unos 90 millones de años, más tarde de la disociación de África y Sudamérica, por eso no existirían en otros continentes (Barthlott y Hunt, 1993), pero en un trabajo reciente (Arakaki *et al.* 2011) reduce su origen 35 millones de años..

Actualmente, según Ortega-Baes *et al.* (2010) numerosas especies de cactáceas están amenazadas a nivel mundial debido al avance de la frontera agropecuaria, la urbanización, el desarrollo de infraestructura, la minería, la colecta y el comercio ilegal y potencialmente por el cambio climático. Además están entre las familias con más especies amenazadas internacionalmente (Martínez y Mandujano, 2009; Ortega y Godínez, 2006). Debido a su valor ornamental, y el comercio internacional ha tenido un efecto negativo sobre la conservación de las cactáceas por lo que muchas especies están incluidas en el Apéndice I de CITES y toda la familia está incluida en el Apéndice II (Ortega *et al.* 2010; Valencia *et al.* 2012).

Según, Suzán-Azpiri *et al.* (2011), el reconocimiento de patrones de distribución espacial precisos en hábitat, es fundamental para analizar las interacciones positivas entre plantas nodrizas y negativas como competencia. También para crear planes viables de



conservación y manejo (Fernandes *et al.* 2019; Garcia *et al.* 2010; Teixeira *et al.* 2004). Existen estudios sobre patrones de distribución espacial en cactáceas en México como Zepeda *et al.* (2017) sobre el cactus *Astrophytum ornatum* presenta un patrón de distribución espacial agregado, también (Linzaga *et al.* 2011) con *Pachycereus weberi*, así mismo (Nova, 2010) con *Neobuxbaumia mezcalaensis*, (Garcia y Mandujano, 2010) con el peyote *Pachycereus weberi*.

En cactus globosos como *Mammillaria supertexta* según Avendaño (2007), presentan patrones de distribución agregado, de igual forma para Ramos (2007), con *Mammillaria dixanthocentron*. Sin embargo Larios *et al.* (2019) para *Melocactus violaceus subsp. Margaritaceus* indica que se distribuyen en campos abiertos.

Las cactáceas peruanas son una importante muestra de la diversidad biológica de nuestro Perú (Ostolaza, 2011). Son cultivadas en forma extensiva como ornamental en el viejo mundo (Cuadrado y Graciela, 2006), pero son originarias del continente americano (Arakaki *et al.*, 2013). A su vez, muchas de las especies de cactus en el sur son oriundas del Perú y son piezas únicas del patrimonio natural de la humanidad (Pizarro, 2014).

De acuerdo con (Hunt, 1999), la lista CITES de especies de Cactaceae, en el Perú, viven 130 especies distribuidas en 34 géneros válidos para la ciencia. Según, Pizarro (2014) indicaría que en el Perú habita el 10% de la biodiversidad de especies de cactus del mundo y el 43% de los géneros de cactus del mundo. Sin embargo, de acuerdo al D.S. 043-2006-AG, en el Perú habitan 250 especies de cactáceas.

Por ejemplo, varios estudios han informado que las plantas nodrizas son importantes para el establecimiento de plántulas y el reclutamiento de cactus según (Mandujano, *et al.* 1998; Franco y Nobel, 1989; Valiente y Ezcurra, 1991) y otras plantas en hábitats áridos (Rojas *et al.* 1998) i). Aunque muchos autores sugieren diversos beneficios



proporcionados por plantas nodrizas, como (i) protección contra la radiación solar directa (Valiente *et al.* 1991a, Valiente *et al.* 2002), (ii) reducción de las altas temperaturas del suelo durante el día (Franco y Nobel, 1989) (iii) reducción de la pérdida de calor durante la noche y el invierno debajo de su dosel (Nobel *et al.* 1986), (iv) reducción del viento (Drezner, 2006), (v) adición de nutrientes al suelo (Franco y Nobel, 1989) y (vi) protección contra herbívoros (Muro *et al.* 2012), los estudios rara vez son el resultado del trabajo experimental, lo que implica que los mecanismos por los cuales las plantas nodrizas benefician el reclutamiento de cactus siguen siendo poco conocidos.

Ramírez (2016) analizó dos recientes paradigmas referentes al reclutamiento y establecimiento de cactáceas. El primero de ellos está ligado al efecto facilitador que proporcionan los “objetos nodriza” (rocas) en comparación con el que brindan las “plantas nodriza” y Huisa (2015) encontró la planta nodriza con mayor porcentaje fue la *Stipa ichu* 46% *Senecio sp.* 12% *Grindelia boliviana* 9 %, *Poa sp.* 0,005 %, y observó que en lugares rocosos y suelo arenoso se desarrollan las cactáceas, y especies de *Cumulopuntia boliviana* 752 indiv., *Echinopsis maximiliana* 293 indiv., *Cumulopuntia sp.* 153 indiv. y *Austrocylindropuntia subulata* 25 indiv., Según Lara *et al.* (2016) las principales especies nodriza de *Ferocactus pilosus* a las que se asocia es un total de 16 de las cuales la dominante es *Agave lechuguilla* asociándose a 61 individuos de 100 asociaciones.

Mientras que Galán de Mera *et al.* (2012) trató de establecer la relación entre las comunidades de cactáceas y su distribución en las vertientes occidentales de los andes, empleó valores climáticos de precipitación y evapotranspiración potencial, y los índices climáticos de termicidad y aridez, y dedujo que se agrupan en función de la altitud y los valores e índices climáticos. Por otro lado Valencia *et al.* (2012), en su investigación con



Mammillaria eriacantha, su tamaño poblacional estimado para el área total (9.53 km²) fue de 1, 081,125.7 plantas, y se distribuyó homogéneamente.

Linzaga *et al.* (2011) de la cactácea *Pachycereus weberi* en México, registró un total de 18 especies, asociadas a *P. weberi* y una densidad total de 1,680 individuos·ha⁻¹ de los cuales *P. weberi* tuvo el 39.3 % (660 individuos·ha⁻¹) y *Acacia tencioifolia* el 34.5 % (580 individuos·ha⁻¹).

Naranjo *et al.* (2010) estudió el patrón de distribución espacial de *Lophophora williamsii* el 91% de las plantas se encuentran asociadas a alguna nodriza y las más importantes fueron *Larrea tridentata* (65%), *Acacia sp.* (3%). La densidad de peyotes es de $\bar{x} = 0.35$ ind/m² mientras que Nova *et al.* (2010) en su del cactus columnar *Neobuxbaumia mezcalaensis*, registraron un total de 20 especies diferentes. La familia Burseráceo tuvo 29% de los individuos, seguida de la Cactaceae con 25% y Sapmdaceae con 10%. El patrón de distribución espacial que presenta *N. mezcalaensis* es agregado en la etapa de juvenil y adulto.

Zenteno *et al.* (2009) evaluó los patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* Sus datos muestran un acentuado patrón agregado de la especie en parches de 1-11 m, y también Avendaño (2007) determinó aspectos de densidad, patrón de distribución espacial, asociación con otras especies botánicas, germinación, sobrevivencia de plántulas, y dinámica de una población de *Mammillaria supertexta*. Tiene un patrón de distribución espacial de agregado, con una densidad de 6 429.9 individuos/Ha y no muestra asociación con plantas nodriza.

Ceroni *et al.* (2006) evaluaron, registraron y colectaron especímenes de cactus en los valles del Chillón, Rímac, Lurín, Huaura y Pativilca, con fines de conservación en el cactario del Jardín Botánico “Octavio Velarde Núñez” de la UNALM; han desarrollado



estudios de taxonomía del género *Haageocereus* para Lima y otros más puntuales de taxonomía y ecología en el cerro Umarcata y en la quebrada Orobel en la cuenca baja del río Chillón.

Leyva *et al.* (2005) estudiaron al cactus enano de Holguín (*Escobaria cubensis*) tomaron datos sobre la fenología, distribución histórica y actual, así como el estado de conservación de la especie y la información se basa en referencias bibliográficas y observaciones directas en su medio natural, durante 10 años.

Según Teixeira *et al.* (2004) los valores de diversidad del cerro Umarcata fueron de 0.75 a 1.789 bits/individuo, mientras que en la quebrada Orobel de 1.22 a 1.88 bits/individuo. En resultados de la composición del suelo fue fósforo (15 a 42 ppm) y potasio (300 a 800 ppm) y la conductividad eléctrica (0.3 a 2 dS/m).

Golubov *et al.* (2000) describen la presencia de 10 especies de cactáceas asociadas a los pastizales de *Hilaria mutica*. Los resultados muestran que las *Opuntioideae* son un elemento importante en los pastizales abarcando 40% de las especies encontradas. *O. violácea*, *O. rastrera* y *O. schotti* fueron las especies más comunes seguidas por *Echinocereus merckerii* y *Ferocactus hamatacanthus* para Peñaranda (1999) en su estudio sobre la distribución geográfica de las cactáceas en el sur del departamento de Puno hizo la descripción específica de las especies estudiadas, con claves de identificación y por géneros, y que el resultado de distribución geográfica depende de la morfoanatomía en una densa cubierta de espinas, el crecimiento lento a través del año y tiene que ver con las características agroclimáticas del medio en que viven.

Almirón y Carretero (2010) examinó la distribución espacial de *Echinopsis leucantha* y encontró asociado en los tres geotopos a *Larrea cuneifolia* y/o *Zuccagnia punctata*. Respecto a estos arbustos, la asociación encontrada mostró una alta relación con el



gradiente de radiación solar fotosintéticamente activa encontrado desde el centro hacia la periferia de los arbustos. En relación a otros arbustos, la distribución fue aleatoria.

Franco y Nobel (2006) en un estudio de plántulas del cactus *Carnegiea gigantea*, el 89% ocurrió bajo el dosel de *Ambrosia deltoidea* y *Cercidium microphyllum*. Por el contrario, el 29% de las plántulas de *Ferocactus acanthodes*, que toleran temperaturas más altas que *C. gigantea*, ocurrieron en micro hábitats deshelados, donde la temperatura máxima de la superficie del suelo alcanzó los 71 ° C. La mayoría (70%) de las plántulas protegidas de *F. acanthodes* se produjeron bajo el dosel de la rama perenne *Hilaria rígida*.

Buxb *et al.* (2001) estudió la dispersión espacial y la densidad en micro escala en una población natural del cactus *Stenocereus griseus* en un espinar situado en cerro Colorado. Se obtuvieron densidades de 1,41 y 2,26 cactus por 1 y 2 m² respectivamente con una alta proporción (56%) de cactus juveniles menores 34 cm de altura y escasa proporción (14%) de ejemplares mayores de 186 cm.

De Viana (1997) estudió la distribución espacial de *Trichocereus pasacana* en relación al espacio disponible y al banco de semillas con los resultados siguientes; la densidad de los cardones fue de 43/a ± 15 en el Cardonal y 65/a ± 38 en Duendeyacu. El porcentaje de cardones asociado con otras especies vegetales, en toda la población (N = 248) fue del 96%, de los cuales el 71 % estuvo asociado con *L. divaricata*, el 0 % con *P. ferox*, el 7% con *A. spartioides*, el 3% con *B. boliviensis*, el 2% con *G. glutinosa* y un 3% con otras especies vegetales como *P. tetraantha*, *F. fiebrigii*, *Senecio sp.* y *Verbena sp.*, se determinó que tiene una distribución agregada.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Poblaciones y comunidades en los gradientes geográficos

En la descripción del ordenamiento de las poblaciones y comunidades dentro de una región o área geográfica dada, se utiliza dos métodos contrastes (Begon *et al.* 1995). El método zonal, en el que se identifica, clasifican, y enumeran las comunidades descritas en una especie de lista de tipos de comunidades (Begon *et al.* 1995), y el método del análisis de gradientes, que consiste en el ordenamiento de las poblaciones a lo largo de un gradiente o eje ambiental unidimensional o multidimensional, en el cual se identifica las comunidades con base en las distribuciones de frecuencia, coeficiente de similitud u otras técnicas de comparación estadística (Begon *et al.* 1995).

2.2.2. Distribución de las poblaciones

El estudio de los patrones de distribución nos permite comprender cuáles son los factores que determinan la presencia o ausencia de las especies en áreas o eco- sistemas particulares (Piñero, 1976). Los individuos se distribuyen en paisajes a proporción de lo apropiado del ambiente, depende no solo de sus características intrínsecas sino también de la densidad de los otros individuos que viven en el sitio (Larrea y Soriano, 2008; Ricklefs, 2000) siendo el clima es el principal responsable del crecimiento, desarrollo y distribución de las plantas (MINAM, 2010).

La distribución espacial es importante para conocer, como se encuentra la especie con respecto a su hábitat, es decir, si tiene espacio disponible y alimento (nutrientes), (Canales, 2004). Según (French *et al.* 1989) Existen tres tipos de distribución espacial en las que están organizados en las comunidades: aleatorio, aglomerado y uniforme. Para (Pielou, 1977) los ecólogos han reconocido tres patrones generales de distribución de individuos en el espacio: distribución aleatoria, distribución uniforme y distribución agregada. Una distribución aleatoria, indica que la probabilidad de encontrar a un



individuo es la misma para todos los puntos del espacio. Una distribución uniforme significa que las distancias entre individuos son iguales dentro de la población. Una distribución agregada, implica que los individuos se agrupan en aglomerados o parches, dejando porciones del espacio desocupadas.

2.2.3. Distribución espacial de cactáceas

El orden cactales denominado como Opuntiales, para otros autores como (Just y Wettstein, 1933) es considerado como una familia en el orden Centrospermas. Caracterizadas por presentar flores hemisíclicas, heteroclamídeas, tanto los sépalos como los pétalos como y los estambres se hallan acopado o tubular (Hunt, 1999).

Presentan patrones de distribución agregados relacionados con la asociación de nodricismo con rocas y/o plantas que proveen condiciones micro climáticas adecuadas para el establecimiento y la supervivencia de las plántulas (Leirana y Parra, 1999; Mandujano *et al.* 1998).

Sus distribuciones agregadas tienden a caracterizar la disposición de muchas especies cactáceas de forma columnar (Larrea-Alcázar y Soriano, 2008; López *et al.* 2007; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Curiosamente, este patrón tiende a ser menos acentuado en especies de cactáceas de forma globosa (Larrea-Alcázar y Soriano, 2008; Mandujano *et al.*, 2002) las que pueden desarrollarse en sitios parcial o completamente descubiertos de vegetación, lo que sugiere su tolerancia a condiciones ambientales estresantes (Martínez y Valverde, 2008; Nobel *et al.* 1986; Peters *et al.* 2008). Diferentes especies de plantas perennes tienden a favorecer la germinación de semillas y la supervivencia de plántulas de varias especies de cactáceas, originado patrones fuertemente agregados en estas últimas Niering *et al.* (1963).



2.2.4. Características de la familia cactáceas

Plantas suculentas, de tallos carnosos, rollizos o aplanados articulados, globulares, hojas muy reducidas, efímeras o transformadas en espinas, en las axilas suelen hallarse fascículos de espinas o mechitas de largos pelos denominados pulvinulos, flores solitarias, sésiles, generalmente vistosas que surgen del pulvinulos foliares (Condori y Vilca, 1995a). Las flores generalmente actinomorfas o ligeramente zigomorfas y hermafroditas. Perianto de numerosos verticilos, que constituyen insensiblemente de sépalos y pétalos, androceo formado por numerosos estambres ditécicos (Barthlott y Hunt, 1993).

Gineceo con ovario ínfero, formado por uno o infinitos carpelos concrecentes en 1 o muchos lóculos, con infinitos rudimentos seminales, estilo simple, fruto abayado, bacciforme y polispermo (Hunt, 1999).

Comprende más de 48 géneros y con más de 2000 especies de regiones intertropicales y templadas de América, con pocas especies de África y Madagascar (Hunt, 1999).

Las cactáceas son una familia de angiospermas muy diversa que incluye cerca de 2.000 especies, las cuales son elementos singulares y muchas veces endémicos de las zonas áridas y semiáridas de América (Drezner y Lazarus, 2008; Godínez-Álvarez *et al.*, 2003; Ritz *et al.*, 2012)

La facilitación (asociaciones positiva entre plantas) es sin duda uno de los aspectos ecológicos ampliamente documentado en cactáceas (Cody, 1993; Franco y Nobel, 1989; Suzán-Azpiri y Sosa, 2006; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991).

2.2.5. Características adaptativas, anatómicas y fisiológicas.

Las Cactáceas conforman los elementos característicos en la formación vegetal conocida como piso de cactáceas columnares, formación xerofítica dominada por arbustos y



cactáceas columnares, ubicada entre los 1000 y 2700 msnm al centro y entre los 1700 y 3400 msnm al sur de la vertiente occidental (Weberbauer, 1945).

La adaptación de esta familia es peculiar, ya que las especies han adquirido sistemas radiculares variados, tiene cutícula impermeable, estomas hundidas, los tricomas están revestidos (Peñaranda, 1999). Tienen crecimiento lento (Zepeda *et al.* 2017) y gran reserva líquida con transpiración limitada por que las hojas la reducen fácilmente por lo de los tallos dilatados que dan una superficie clorofílica suficiente para la función de especies en zonas donde falta agua (Durán y Méndez, 2010).

Los cactus son únicos de mayor evolución entre los otros tipos de plantas xéricas (Ostolaza, 2014). Sus estomas se taponan durante el día y se abren durante la noche. Esto disminuye la transpiración máxima durante el día, en tanto que al producirse la fotosíntesis cuando sus estomas están cerradas, el CO₂ proviene de ácidos orgánicos acumulados durante la noche (Peñaranda, 1999).

Así mismo señala que de esta manera estas especies pasan y evitan las sequías continuas por medio de la reserva de agua, y es así que están consideradas únicas en el tipo de esta adaptación (Peñaranda, 1999)

2.2.6. Morfo anatomía

El cuerpo de las cactáceas es de diferente forma y tamaños, las hay desde unos pocos centímetros y otros miden metros. (Ceroni y Castro, 2013). Su forma varía grandemente hay los que parecen una hoja (tipo epifito) y otros que forman columnas más o menos gruesas con varias costillas (Melocactus) y otros cubiertos de protuberancias (Coryphantha) (Ostolaza, 2014). Otros forman arboledas a partir de su tronco principal del cual nacen ramificaciones (Cereus). También las hay solitarias, erectos, inclinados, e incluso postrados (Peñaranda, 1999)



La raíz de estas especies en la mayoría de los casos tiene una raíz principal de forma cónica ramificada, en otras especies se hallan raíces de tipo napiforme y otro tipo de tuberosa. (Peñaranda, 1999)

Los tallos de esta familia son de diferentes formas, los hay ovoide, globosos, columnares, cilíndricos, aplanados, variando según las especies (Condori y Vilca, 1995b)

Las hojas en esta familia tienen la característica notable, solo son perfectas en muy pocas especies en general son importantes para su valor adaptativo a su hábitat, en la mayoría de estas están ausentes y son caedizas y muy rudimentarias o pueden reducirse a pequeñas escamas. En general aparte de los diminutos filamentos foliares que se hallan en algunas especies. Las especies de la familia Cactaceae las hojas adaptativas para la zona de vida donde se halla, las espinas y los tubérculos o protuberancias que se hallan en muchas especies corresponde a las bases de las hojas sobre estas esta se asienta las areolas y espinas (Condori & Vilca, 1995b)

Las espinas son variable inclusive hay especies que no tienen espinas, esto varía según la especie, las hay aciculares, prismáticas. En forma puede ser rectilínea y ganchuda en su extremo y también estas se hallan en otras especies transformadas en pelos de mayor y menor tamaño (Ceroni y Castro, 2013).

Las areolas es el órgano que dan lugar a hojas, brotes además son el origen de los pelos, cerdas y espinas (Condori y Vilca, 1995b). De ahí existen dos puntos de vegetación, origen de flores y brotes, origen de espinas, pueden hallarse juntos en la misma areola, están en algunas especies (Opuntia) (Peñaranda, 1999).

Las flores hermafroditas, solitaria actinomorfas no obstante en algunas especies como la Mammillaria, y alguna Opuntia son unisexuales (Ostolaza, 2014) estas por que poseen los estambres y el pistilo (Kiesling, 2009). Las flores de esta familia son muy llamativas



y hermosas, tanto en forma de color y tamaño variante según la especie (Condori y Vilca, 1995).

El fruto de estas especies en la gran mayoría se encuentra en bayas carnosas o polispermo o en algunos casos son secos, también dan origen a capsulas (Ostolaza, 2011).

Las semillas varían tanto en forma y tamaño, según las especies (Ceroni & Castro, 2013).

Las semillas fuera del endospermo con el embrión semicircular, su diámetro generalmente no alcanza a medir un milímetro, a excepción de la *Opuntia* y otros. (Condori y Vilca, 1995b).

2.2.7. Genero *Austrocylindropuntia*:

El género *Austrocylindropuntia* se segregó del género *Opuntia* para agrupar a las especies sudamericanas con artejos cilíndricos. Se diferencian de las procedentes de América del Norte (*Cylindropuntia* Engelm. F.M. Knuth, 1935) por carecer de vaina alrededor de las espinas, por tener artejos de crecimiento indefinido y por la estructura de la semilla diferente con una distinta disposición del haz vascular del funículo en el cual los cordones de células del xilema y del floema se disponen uno al lado del otro a la entrada del funículo (Anderson, 2001).

Su población compuesta por un individuo adulto reproductor de gran tamaño y unos treinta juveniles de hasta 40 cm de altura originados vegetativamente a partir de artejos desprendidos (Anderson, 2001)

Su aspecto general es cuerpo cilíndrico, ramificado, por lo general en nuestra zona es de 2 a 3.5 metros de alto, posee tubérculos redondeados y apianados, cuando son jóvenes se les halla residuos de hojas en formas semicilíndricas y canosas de hasta 10 cm. (Peñaranda, 1999).



La epidermis, verde a verde oscuro por debajo de sus areolas, raíz, semiprofundas, tallo, columnar por lo general tiene un diámetro de 6 a 10 cm., fruto, verdoso en forma de pera (Anderson, 2001). En las espinas, existen bloquidios amarillentos, generalmente no más de 1 a 3 espinas robustas y amarillento pálido a café, rectas hasta 7 cm de largo, flor de color rojizo con la parte interior anaranjada, mide 6 cm de longitud (Peñaranda, 1999)

2.2.8. Ecología de cactáceas

Las cactáceas representan el elemento dominante de la vegetación siendo el único en las zonas áridas o semiáridas de la costa peruana (Galan de Mera y Orellana, 2012). Las etapas más críticas de su vida son: la dispersión de las semillas, su germinación en el suelo y la supervivencia durante los primeros años de vida (Ceroni y Castro, 2013). El establecimiento de un nuevo individuo en zonas áridas y semiáridas es muy difícil e impredecible por la ausencia de lluvias, altas temperaturas y escasa o nula presencia de agua en el subsuelo y por los potenciales depredadores, sean éstos animales o el principal depredador, el hombre (Ostolaza, 2014).

En cactus los agentes polinizadores son principalmente los murciélagos, los colibríes o picaflores, las mariposas nocturnas o esfíngidos e insectos diurnos generalmente abejas y a veces, mariposas (Ceroni, 2014; Durán y Méndez, 2010; Ostolaza, 2014; Teixeira *et al.* 2004).

2.2.9. Relación entre cactáceas y el medio ambiente de un ecosistema

Por ejemplo, sobre cómo los cactus se protegen de la implacable radiación solar de los desiertos, donde no hay otras plantas nodrizas ni piedras y rocas de protección, tenemos algunas evidencias. Este pequeño cactus llamado *Copiapoa cinerea*, cuyo nombre específico alude al color ceniciento de su tallo, tiene este color porque está cubierto de placas de cera que rodean las estomas por donde se realiza el intercambio gaseoso. Si vemos la superficie de este cactus a 300 aumentos, el color blanco grisáceo refleja la luz



solar y la gruesa capa de cera lo protege del intenso calor, ya que vive en el desierto de Atacama al norte de Chile, uno de los desiertos más áridos del mundo (Ostolaza, 2014)

Otra forma de protegerse de la intensa radiación solar en algunas especies de cactus es “enterrarse” en la arena. Al reducir su volumen al aprovechar el agua que han almacenado en sus tejidos, la arena los va cubriendo más y más. Ejemplo: *Islaya omasensis*. También es el caso de *Pygmaeocereus bieblii*, dejando en superficie una mínima cantidad de epidermis para la fotosíntesis y el intercambio gaseoso (Ostolaza, 2011).

Las cactáceas cumplen múltiples funciones en la naturaleza, al ser fuente de forrajeo de muchos animales, mantienen equilibrio en los ecosistemas (Gurvich, 2010), se utilizan como materia prima para construcción (Flores y Macías, 2008) sirven de fuente de alimento en la gastronomía humana y ofrecen diferentes usos etnobotánicas (Schulze, 2004).

En el Perú, los cactus han sido utilizados desde la antigüedad hasta nuestros días. Los antiguos peruanos los han usado en la elaboración de una serie de utensilios como agujas, prendedores, anzuelos y peines (Ceroni y Castro, 2013; Ostolaza, 2014).

2.2.10. La especie “pata quisca” *Austrocylindropuntia subulata*

La familia Cactáceas en el Perú está representada por 34 géneros y más de 255 especies (Hunt, 1999). Estas plantas están distribuidas en casi todos los ecosistemas, desde los desiertos costeros, vertiente occidental, puna, valles interandinos llegando exitosamente al bosque tropical amazónico, por lo que presentan una gran diversidad de adaptaciones, diversidad que hace posible que el Perú albergue una considerable tasa de géneros y especies endémicas (Calderon, 2003)

La especie es originaria de Perú (departamentos de Cuzco, Puno y Provincia de Lima) donde crece en la región andina entre los 2000 y 3500 m de altitud en áreas semiáridas



caracterizadas por inviernos frescos y secos y veranos apacibles y relativamente lluviosos (Puccio, 2003)

Austrocylindropuntia subulata (Muehlenpfordt) Backeberg, Cactaceae (DKG) 1941(2): 12, 1942.

Sinónimos: *Opuntia subulata* (Muehlenpfordt) Engelman, Gard. Chron. 19: 627, 1883.

Cylindropuntia subulata (Muehlenpfordt) Knuth en Backeberg & Knuth, Kaktus-ABC, 121, 1936 (Ostolaza, 2014).

Opuntia exaltata A. Berger

El nombre específico alude a la forma de lezna de las hojas. Es una planta de hábito arbóreo, a 4 m de altura, muy ramificada, ramas alargadas, verde pasto, 50 cm. de largo, muy tuberculadas, hojas subuladas, hasta 12 cm. de largo, persistentes, areolas en la parte superior de los tubérculos, espinas blancas, 1 a 4, hasta 8 cm. de largo, fuertes, flor 6 cm., roja, fruto alargado, a veces prolífero, semillas globosas, grandes a 1 cm. o más (Ostolaza, 2014).



Figura 1. Vista fotográfica de la cactácea *Austrocyllindropuntia subulata* in situ en el cerro Espinal – Juliaca, 2017-2018.



2.3. MARCO CONCEPTUAL

Areola. En cactáceas, Grupo de espinas localizado en cada yema axilar, pequeña cavidad donde se dónde se implantan las acículas de las cactáceas (Maas *et al.* 1998)

Asociación. Conjunto de plantas de varias especies, alguna de las cuales son dominantes y le da nombre e indica su significado biológico (Subgerencia Cultural del Banco de la Republica, 2015)

Hábitat. Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal (Domingo *et al.* 2012)

Gradiente altitudinal. Es el ordenamiento de las poblaciones a lo largo de un gradiente o eje ambiental unidimensional o multidimensional, en el cual se identifica las comunidades con base en las distribuciones de frecuencia, coeficiente de similitud u otras técnicas de comparación estadística suele usarse el termino e ordenación para designar el orden de las poblaciones y de comunidades a lo largo de las gradientes (Odum, 1986)

Ecosistema. Es una comunidad de especies diferentes que interactúan entre sí, y con los factores químicos y físicos que constituyen su ambiente no vivo o ecosistema es una red siempre cambiante de interacciones biológicas, químicas y físicas que sustentan una comunidad, y le permiten responder a cambios en las condiciones ambientales. Como el de una comunidad, el tamaño de un ecosistema es arbitrario y se define en términos que lo que desea estudiarse (Galindo y Cárdenas, 2012)

Diversidad. La variabilidad de organismos vivos e cualquier fuente incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marino y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forma parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre especies y los demás ecosistemas (Hernández y Hernández, 2019)



Fitosociología. La fitosociología es la ciencia que estudia las agrupaciones de plantas, sus interacciones y su dependencia frente al medio. En el congreso de Paris de 1954 se definió la fitosociológica como la ciencia que estudia las comunidades vegetales desde el punto de vista florístico, ecológico, dinámico, cronológico e histórico. El método fitosociológico posee un gran interés en los estudios de vegetación, cartografía, conservación y ordenación del territorio (Pott, 2011)

Índice de dispersión. Los índices de dispersión se propusieron para comparar distintos patrones de distribución, existe una variedad de estos índices, que miden el grado de contagio de estos individuos de una población, se analiza el índice de dispersión o razón varianza – media del cual existen diversas variantes, y que viene expresado por: $ID=S^2/X$ donde S^2 es varianza y X es la media muestral. El valor obtenido se compara con los valores teóricos de la distribución T de Student, con $n-1$ grados de libertad, para un nivel de significación dado (Barcala & Calvo, 1994).

Distribución aleatoria. Se presenta cuando los datos recolectados de campo y/o individuos que se encuentran en un hábitat; no tienen inconvenientes con la disponibilidad de alimento, hábitat, es decir los recursos necesarios dentro del hábitat, por lo tanto, los individuos pueden ocupar cualquier espacio. Se espera que la población de una especie de flora y fauna silvestre tenga este tipo de distribución (Canales, 2004).

Distribución uniforme. Se presenta cuando los datos recolectados de campo y/o individuos que se encuentra en un hábitat, presentan problemas de disponibilidad de alimento, hábitat; existe una competencia antagónica para ocupar un lugar dentro del hábitat. Es probable si se presenta este tipo de distribución el hábitat tenga perturbación y/o transformación inducida por la actividad del hombre, por lo que es necesario considerar programas de recuperación de la especie de flora y fauna silvestre (Canales, 2004)



Distribución contagiosa. Se presenta cuando los datos recolectados de campo y/o individuos que se encuentran en un hábitat, se agrupan o tienen tendencias gregarias, debido a que la disponibilidad de alimento o hábitat solo se encuentran en lugares específicos. Puede influir en este tipo de distribución el comportamiento reproductivo, defensa territorial o de depredadores (Canales, 2004).

Asociación nodriza. Las plantas nodrizas crean microambientes más favorables que aquellos encontrados en los espacios abiertos: la zona debajo de la cubierta de la planta nodriza suele tener mejores condiciones de luz, temperatura, nutrientes y humedad; lo que permite a la especie blanco crecer más fácilmente. Este tipo de interacción positiva entre dos especies (con efectos benéficos sobre uno de los organismos) se conoce como “facilitación”(Huelgas y Val de Gortari, 2010)



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en Juliaca, está ubicada en la parte norte de la provincia de San Román y al lado noroeste del Lago Titicaca 12 y a 35 Km, de ésta. El área geográfica del distrito de Juliaca ocupa la parte céntrica del departamento de Puno y la meseta del Collao, debido a su importancia geoeconómica, el año de 1926 Juliaca se integra a la Provincia de San Román como su capital. Es la ciudad con mayor población del departamento de Puno y está localizada en la cuenca del río Coata (Terraza, 2015)

La zona de estudio se clasifica dentro de la ecorregión de Puna (a 3800 a 4500 msnm) clasificado es un bosque húmedo montano bajo subtropical, con un clima frío y seco, precipitación semi seca, invierno seco y otoño seco, temperatura fría, humedad atmosférica seca, el clima de Juliaca es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, la ciudad de Juliaca presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío, siendo éste más intenso en el invierno, principalmente en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0 °C (Municipalidad Provincial de San Róman, 2016)

La temperatura media es de 4 a 10 °C, la temperatura máxima se mantiene uniforme a lo largo del año durante todos los meses con un promedio de 17,08 °C, no de la misma manera la temperatura mínima que tiene como un promedio los -7,5 °C durante el mes de julio. Generalmente el verano es la estación húmeda, incluye los meses de diciembre a marzo, en los cuales la precipitación media varía entre los valores de 85,9 mm a 183.3 mm, la mejor temporada para visitar Juliaca es la primavera, comprendida entre septiembre y diciembre, ya que es soleada y con poca humedad (SENAMHI, 2018)

Cerro Espinal. - Es un cerro ubicado a la parte norte de la ciudad al costado del cerro Huaynarroque con una extensión aproximadamente de 550 847 m² aproximadamente que se está destruyendo poco a poco por la extracción de lastre. Está ubicado en la región de sierra alto andina con colinas empinadas y escarpadas, y montañas también denominado pajonal altoandino. Es un sitio arqueológico denominado por el Instituto Nacional de Cultura denominado como “Pucara del Cerro Espinal” (Apaza, 2011).

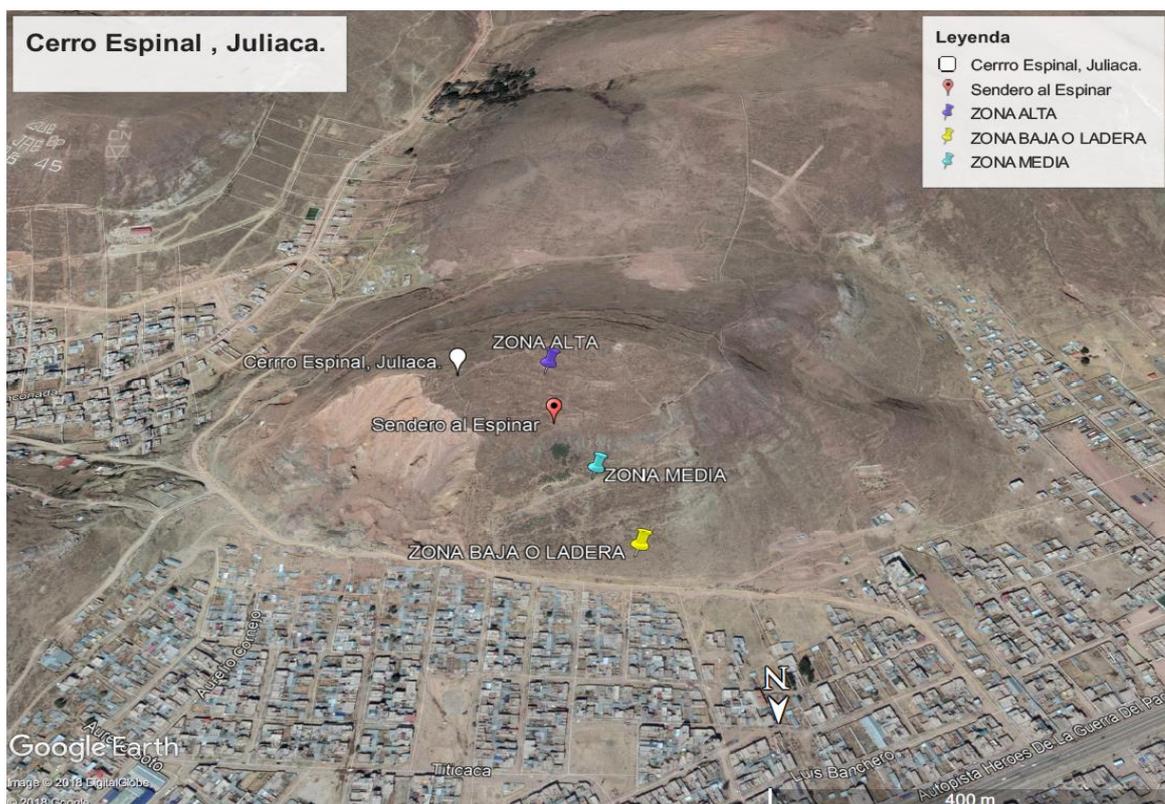


Figura 2. Ubicación geográfica de las zonas evaluadas en el Cerro Espinal de Juliaca.

3.2. TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es de tipo descriptivo, cualitativo y no experimental.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio se realizó en el cerro Espinal, al sur de Juliaca, se realizó muestreos mensuales en el 2017 (noviembre y diciembre) y 2018 (enero, febrero, marzo, abril, mayo) en tres gradientes altitudinales (Tabla 1), utilizando un GPS Garmin Etrex 20x, durante la evaluación se realizaron 26 muestreos por cada gradiente altitudinal empleando el método



de cuadrantes aleatorios (Figura 3), siendo un total de 78 muestreos por mes en las tres gradientes altitudinales es decir un tamaño de muestra total de 546 muestras durante los 07 meses y por cada gradiente altitudinal.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Diseño de muestreo

- a) **Determinar el tipo de patrón de distribución espacial de *Austrocyllindropuntia subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en relación a los meses de evaluación**

Para el caso de las gradientes altitudinales se estableció las zonas de acuerdo a la fisiografía del terreno con un GPS Garmin Etrex 20x, con la finalidad de delimitar las zonas de estudio, se delimito las zonas de acuerdo a la altitud (Tabla 1), un área de 544, 847 m², con el Software Google Earth Pro.

Tabla 1. Rango de gradientes altitudinales establecidas en el área de estudio.

GRADIENTE ALTITUDINAL	RANGO DE ALTITUDES
Zona Baja o Ladera	3875 a 3905 m.s.n.m
Zona Media	3906 a 3957 m.s.n.m
Zona Alta	3957 a 4001 m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia.

Se utilizó el método de cuadrantes aleatorios para contar el número de individuos de *A. subulata*, el cuadrante fue de 4 estacas y una soguilla cuyas dimensiones fueron de 10 x 10 m (MINAM, 2015), se evaluó 26 cuadrantes cada 30 metros en zigzag, para efecto se establecieron transectos referenciales en cada gradiente altitudinal. Se contabilizó el número de individuos, durante los meses de noviembre a diciembre del 2017 y enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2018, durante los siete meses se evaluó un total de 546

cuadrantes aleatorios (26 cuadrantes por cada gradiente, y 78 cuadrantes por cada mes en total).

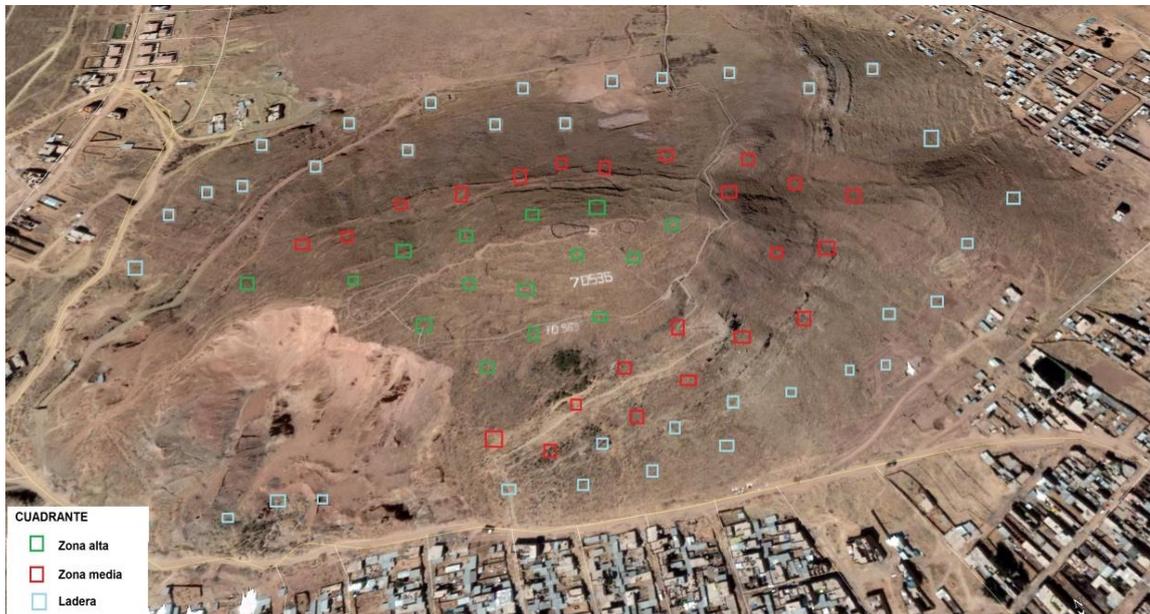


Figura 3. Ubicación de los cuadrantes, en las tres gradientes los de verde son de la zona alta, color rojo a zona media, celeste corresponde a ladera, en el cerro Espinal, Juliaca, Puno (2017-2018)

b) Identificar la vegetación asociada a *Austrocyllindropuntia subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en el cerro Espinal

Para estimar el grado de asociación de la cactácea con otras especies, en cada gradiente se establecieron transectos referenciales de 100 metros cada uno, sobre los cuales se muestrearon cada 10 metros con un cuadrante de 1 m² (Canales, 2004) Registrándose la presencia y/o la ausencia de *Austrocyllindropuntia subulata* y las especies acompañantes. Esto permitió acumular un total de 60 observaciones, 20 por cada gradiente altitudinal. Los datos acumulados fueron ordenados tabularmente en orden alfabético en una matriz de doble entrada.

Para la identificación de especies mediante fotografías se consultó el Herbario Virtual on the TROPICOS ® del Missouri Botanical Garden y las muestras Neotropicales de

Herbario de The Field Museum, así mismo la aplicación de identificación de especies PI@ntNet, y para la determinación de la cactácea se consultó el libro TODOS LOS CACTUS DEL PERU (Ostolaza, 2014) y se envió una muestra al IMOD-Arequipa , para su identificación.

Los nombres científicos de las especies encontradas se ubicaron en las filas y en las columnas los cuadrantes correspondientes a cada sitio. Los datos de presencia se codificaron con 1 y los de ausencia con 0 posteriormente (Kent y Coker, 1992) y se elaboró una tabla de contingencia 2x2, lo que permitió estimar el grado de asociación por pares de especies encontradas en los sitios evaluados, durante la evaluación se tomó en consideración a las especies que hacen de planta nodriza para plántulas y cactus juveniles de *Austrocylindropuntia subulata*, no se contabilizó el número individuos, considerando que la germinación de las semillas y la supervivencia de plántulas y juveniles ocurre generalmente, bajo la protección de arbustos o de otros cactus más grandes, que actúan como plantas nodrizas o en ausencia de éstas (Ostolaza, 2014).

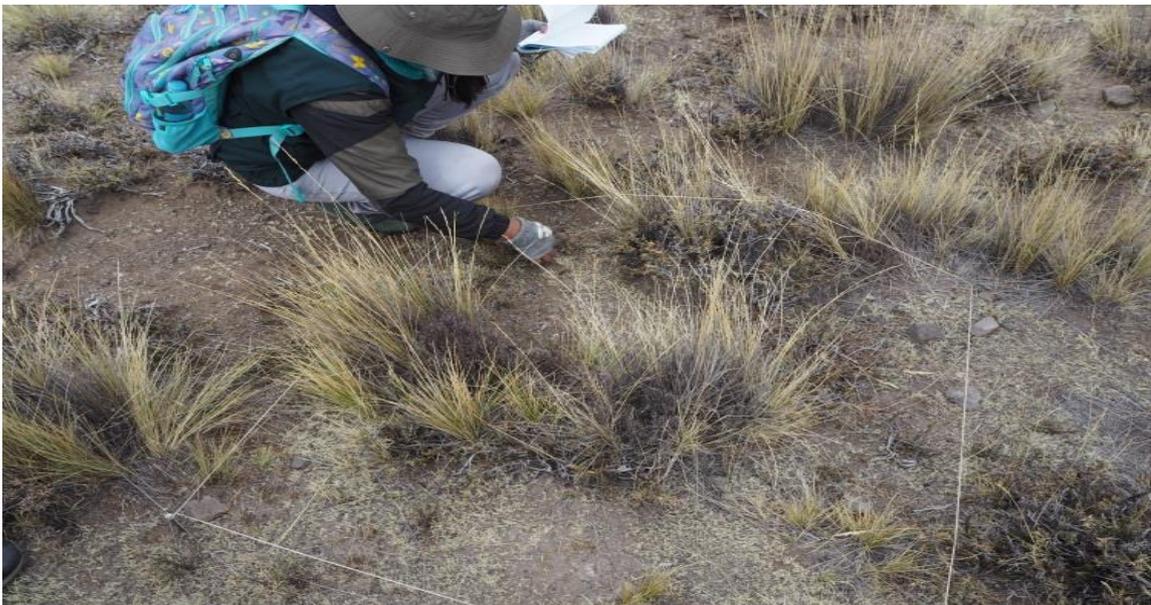


Figura 4. Muestreo aleatorio para evaluar el grado de asociación de la cactácea con otras especies

3.4.2. De laboratorio

a) Interpretar los factores abióticos en el hábitat de la cactácea *Austrocylindropuntia subulata* en el cerro Espinal, Juliaca.

Para determinar la calidad agrologica del cerro Espinal se tomó seis muestras de suelo una profundidad de capa de 20 a 30 cm. Se obtuvo 02 muestras de suelo representativas por gradiente altitudinal (Tabla 1) finalmente se obtuvo 06 muestras identificadas que fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo de la Estación Experimental Agraria Illpa – INIA, Salcedo para efectuar el análisis de fertilidad y propiedades del suelo del cerro Espinal, los métodos seguidos en el análisis de suelo se adjuntan en anexos.



Figura 5. Recojo de muestra de suelo para el análisis en el Laboratorio de suelos del INIA, en el cerro espinal, Juliaca (2018).

Para la determinación de la humedad del suelo del Cerro Espinal, se tomó muestra en cada mes a una profundidad de 20 cm con un muestreador de suelo, y luego fueron llevados para determinar el porcentaje de humedad, se analizó en el Laboratorio de Suelos del INIA, para este fin se colocó muestras de 80 a 100 gr, previamente identificada, en una estufa a 105° C durante 24 horas, inmediatamente pesados y por diferencia se determinó el porcentaje de humedad (Rodríguez y Daza, 1995)



Figura 6. Análisis del suelo de la zona de estudio, en el laboratorio de suelos, INIA (2018).

La temperatura del suelo se determinó utilizando un geotermómetro a 20 cm de profundidad para eso se puso el instrumento en una zona estratégica para su medición a una profundidad de 10 a 20 cm. Por 4 a 6 minutos para que nos den datos reales.

La humedad de suelo de las muestras llevadas al laboratorio del INIA - se analizó en laboratorio con los debidos procedimientos.



Los datos de precipitación pluvial, humedad relativa, temperatura ambiental, radiación solar acumulada y velocidad de viento fueron obtenidos de la Estación Meteorológica Automática Juliaca, mediante una base de datos de los años 2016,2017,2018 proporcionada por del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Puno (SENAMHI, 2018).

3.4.3. Método Estadístico

a) Determinar el tipo de patrón de distribución espacial de *Austrocyllindropuntia subulata* a lo largo de gradientes altitudinales en relación a los meses de evaluación

Para el análisis de los datos obtenidos se transformaron los mismos con raíz cuadrada de X (número de individuos) los datos fueron analizados y se calcularon los siguientes parámetros.

✚ Índice de distribución espacial. Es una medida para poder determinar qué tipo de distribución espacial tiene una población, se expresa como:

- Varianza (S²)
- Media (x)
- Grados de libertad
- Índice de dispersión
- Nomograma de Clapham
- Hipótesis

$$\text{Varianza (S}^2\text{)} \quad S^2 = \frac{1}{f_i} (x_i^2 f_i) \times \frac{x_i f_i}{f_i}$$

$$\text{Media (x)} \quad X = \sum \frac{x_i f_i}{f_i}$$

Dónde:



1= Constante

F1= Numero de datos

X1= Orden de datos

Índice de dispersión (ID): $ID = \frac{S^2}{X}$

Dónde:

ID = Índice de dispersión

S2 = Varianza

X = Media

Niveles de decisión para ID

- ID menor a 1 cercano a 0 = Distribución uniforme
- ID cercano a 1 = Distribución Poisson o aleatoria
- ID mucho mayor que 1 = Distribución agregada

Grados de libertad (G.L)

G.L = (n-1)

Dónde:

1= Constante

n = Tamaño de muestra

Ji Cuadrado X^2

$X^2 = ID (G. L)$



- ✚ Para determinar si existe o no existe diferencia en un número de individuos entre gradientes altitudinales (ladera, zona media y zona alta) se utilizara la prueba bioestadística Kruskall Wallis ($p \leq 0.05$) (Canales, 2004).

Hipótesis

La hipótesis de investigación fue:

Ha: La distribución espacial de la cactácea *Austrocyllindropuntia subulata* es aleatoria en el cerro Espinal de acuerdo a las gradientes altitudinales.

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(N + 1)$$

Dónde:

K = Número de grupos.

Ni= Número de observaciones del i-esimo grupo.

N= Número total de observaciones.

Ri= Suma de rangos del i-esimo grupo.

b) Identificar la vegetación asociada a *Austrocyllindropuntia subulata*, a lo largo de gradientes altitudinales en el cerro Espinal, Juliaca.

Se evaluó la presencia de la cactácea *Austrocyllindropuntia subulata*, y se halló si está relacionada con alguna otra especie en el cerro Espinal de Juliaca para lo cual se utilizó la prueba estadística de Ji Cuadrado como medida de asociación, así como la corrección de Yates, siendo necesaria la confección de tablas de contingencia de 2 X 2 como se muestra a continuación.

		Especie X		
		+	-	
Austrocylindropuntia	+	A	C	a + b
	-	B	D	b + d
		a + b	c + d	

Figura 7. Esquema de la tabla de contingencia elaborada para determinar el grado de asociación entre la cactácea y otras especies.

En términos de presencia/ausencia; ambas especies se hallan presentes (celda a), *Austrocylindropuntia subulata* puede estar presente pero no especie X (celda b); especie X puede estar presente, pero *A. subulata* no (celda c); o ninguna de las dos puede estar presente (celda d). Así sucesivamente se procede analizar *A. subulata* con todas las demás especies acompañantes. El valor de Ji-cuadrado se obtuvo a partir de los datos binomiales de la tabla de contingencia, como una medida de asociación de dos especies (Ec. 1).

$$X^2 = \frac{[ad - bc]^2 - 0.5 N}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde: a = Suma del valor de las especies XY cuando están juntas

b = Suma del valor de la especie X, cuando Y está ausente

c = Suma del valor de la especie Y cuando X está ausente

d = Suma del valor de las especies XY cuando están ausentes

N = Suma total.

La asociación se consideró positiva, cuando la frecuencia observada de las ocurrencias conjuntas de las especies XY en las tablas de contingencia fue mayor a la frecuencia esperada y, en caso contrario la asociación se considera negativa y las especies raramente podrían encontrarse juntas (Ec. 2) (Kent y Coker, 1992)



Frecuencia Esperada = $(a+b) \times (a+c) / N$ (Ec. 2)

Dónde: $a+b$ = Suma del número de ocurrencias de la especie X

$a+c$ = Suma del número de ocurrencias de la especie Y

N = Suma total

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINAR EL PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *AUSTROCYLINDROPUNTIA SUBULATA* A LO LARGO DE GRADIENTES ALTITUDINALES.

Durante las evaluaciones y registro del censo de individuos de *A. subulata* se encontró densidad promedio de 28.45 individuos/100 m² para la gradiente altitudinal zona media, para la gradiente altitudinal ladera 11.11 individuos /100m², y para zona alta 12.08 individuos/100m² (Tabla 2) estos datos se corroboran con (Terraza, 2015) que afirmó esta especie es más dominante en la altitud media, Sin embargo, (Peñaranda, 1999) no describió a esta especie en zonas aledañas al cerro Espinal. Pero Ostolaza, (2011), registró la presencia de esta especie de cactus solamente hasta los 2650 msnm, mientras que en esta evaluación se registró hasta los 4001 msnm. Al respecto, Galan de Mera & Orellana, (2012) señalaron que la altitud influye en la diversidad de especies.

Tabla 2. Densidad poblacional de *A. subulata*, a diferentes gradientes altitudinales en el cerro Espinal.

<i>Gradiente</i>	<i>Altitud</i>	<i>N° de individuos</i>	<i>Densidad ind/100m²</i>	<i>Densidad ind/m²</i>
<i>Zona alta</i>	3957 a 4001 m.s.n.m	314	12.08	0.12
<i>Zona media</i>	3906 a 3957 m.s.n.m	740	28.45	0.28
<i>Ladera</i>	3875 a 3905 m.s.n.m	289	11.10	0.11
<i>Total</i>		1343		

Los datos con los números de individuos se normalizaron para determinar los Índices de Distribución (Tabla 20 y 21). Y según los análisis el patrón de distribución espacial de la cactácea *A. subulata* en el cerro Espinal fue agregada en las tres gradientes altitudinales, para la zona alta fue de ID= 1.26, para la zona media ID= 2.24, para ladera ID=1.39 este

resultado se debe a características propias de las cactáceas y es una respuesta la asociación con otras especies, por el efecto denominado asociación nodriza como se vio durante la evaluación a lo largo de cada gradiente altitudinal. Los índices de dispersión se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Índice de dispersión de “Pata Quisca” en las tres gradientes altitudinales en el Cerro Espinal, Juliaca (2017-2018)

GRADIENTE	2017				2018								PROMEDIO			
	NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL				MAYO	
	ID	X	ID	X	ID	X	ID	X	ID	X	ID	X			ID	X
ZONA ALTA	1.55	2.44	0.68	1.93	1.53	1.93	0.89	3.81	1.73	3.19	0.52	3.23	1.91	3.44	1.26	2.85
ZONA MEDIA	2.74	4.40	2.82	4.11	2.21	3.75	2.11	4.19	2.10	4.37	1.69	5.03	1.99	4.67	2.24	4.36
ZONA BAJA	1.91	2.74	0.81	3.11	1.70	2.35	1.24	3.08	1.62	2.45	0.80	2.85	1.65	2.55	1.39	2.73

X: Media de número de individuos/m² (transformados)

X': Promedio de medias de número de individuos/ m² (transformados)

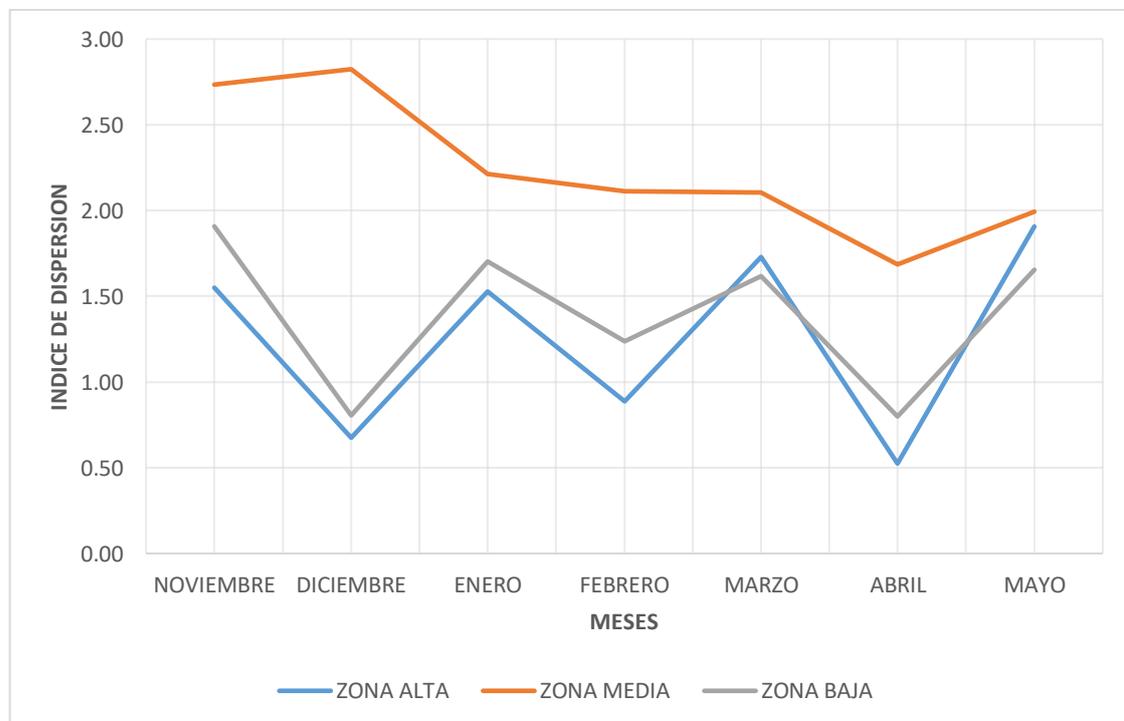


Figura 8. Índices de Dispersión de *Austrocylindropuntia subulata* en los meses noviembre del 2017 a mayo del 2018 en el Cerro Espinal –Juliaca.

Durante los meses de evaluación el patrón de agregación de *Austrocylindropuntia subulata* incrementó en la gradiente altitudinal zona media en los meses de noviembre (Figura 8) con ID = 2.06 y para diciembre con ID= 1.44 , mientras que en los meses siguientes de evaluación, tuvo un índice de dispersión no tan variado, se registró índices de dispersión bajos para ladera y zona alta, respecto a los meses de diciembre con ID = 0.81 y 0.68 , en el mes de febrero con un ID=0.89 para la zona alta, para el mes de abril en ladera y zona alta ID= 0.8 e ID=0.52, presentando para zona alta y ladera en esos meses un patrón de distribución uniforme y aleatorio, esto se puede deber a que los cactus como *A. subulata* tienen periodos de vida largos y longevos, la vida de los cactus varía entre 10 a 200 años. También se debe a varios factores como los componentes edáficos hallados en el estudio y factores ambientales tales como precipitación y temperatura ambiental que interactúan al largo de su desarrollo desde las plántulas hasta adultos.

Tabla 4. Prueba de Ji cuadrado e índices de dispersión (ID) de *Austrocylindropuntia subulata* durante los meses de noviembre - diciembre 2017 y enero- febrero 2018, en el cerro Espinal de Juliaca.

GRADIENTE	NOVIEMBRE					DICIEMBRE				
	N	ID	X	X ² C	X ² T	N	ID	X	X ² C	X ² T
ZONA ALTA	26	1.55	2.44	38.79	37.65	26	0.68	1.93	16.91	37.65
ZONA MEDIA	26	2.74	8.08	68.38	37.65	26	2.82	4.11	70.61	37.65
ZONA BAJA	26	1.91	2.74	47.69	37.65	26	0.81	3.11	20.13	37.65
PROMEDIO		2.06	4.42				1.44	3.05		
GRADIENTE	ENERO					FEBRERO				
	N	ID	X	X ² C	X ² T	N	ID	X	X ² C	X ² T
ZONA ALTA	26	1.53	1.93	38.16	37.65	26	0.89	3.81	22.18	37.65
ZONA MEDIA	26	2.21	3.75	55.36	37.65	26	2.11	4.19	52.81	37.65
ZONA BAJA	26	1.70	2.35	42.59	37.65	26	1.24	3.08	30.89	37.65
PROMEDIO		1.81	2.68				1.41	3.70		

Fuente: Registro de campo. 2017-2018. Elaboración propia.



Se presenta la prueba estadística de X^2 ($P \leq 0.05$), para los meses (noviembre – diciembre del 2017), meses de enero y febrero del 2018 (Tabla 4) demostrando que los índices de dispersión de la cactácea en estudio en los meses de noviembre a enero, en la zona alta y zona media, ladera presenten una desviación significativa del Índice de Dispersión respecto a la unidad, dado que la calculada difiere de la X^2 tabulada corroborando un patrón de distribución agregada. Pero para el mes de diciembre y febrero la prueba estadística de Ji cuadrado para la zona alta y ladera no difieren significativamente (Tabla 4) esto nos corrobora que tiene una distribución uniforme, esto coincide con lo mencionado por (Koleff y Soberón, 2008) que en su estudio mostraron que este tipo de distribución se presenta donde la dispersión de recursos es escasa, o donde los miembros de la población obtienen alguna ventaja de su espacio regular. Al respecto Nanami et al. (1999) reconoce tres patrones generales de distribución de los individuos en el espacio, aleatoria, uniforme y agregada. Lo contrario a (Mandujano *et al.* 2002) que indican que el patrón de distribución agregado tiende a ser menos acentuado en especies de cactáceas de forma globosa y pueden desarrollarse en sitios parcialmente o completamente descubiertos de vegetación.

Tabla 5. Prueba de Ji cuadrado e índices de dispersión (ID) de *Austrocylindropuntia subulata* durante los meses de marzo, abril, mayo 2018, en el cerro Espinal de Juliaca.

GRADIENTE	MARZO					ABRIL					MAYO			PROMEDIO	
	N	ID	X	X ² C	X ² T	N	ID	X	X ² C	X ² T	N	ID	X	X ² C	X ² T
ZONA ALTA	26	1.73	3.19	43.22	37.65	26	0.52	3.23	13.12	37.65	26	1.91	3.44	47.67	37.65
ZONA MEDIA	26	2.10	4.37	52.60	37.65	26	1.69	5.03	42.14	37.65	26	1.99	4.67	49.80	37.65
ZONA BAJA	26	1.62	2.45	40.43	37.65	26	0.80	2.85	19.98	37.65	26	1.65	2.55	41.33	37.65
PROM		1.82	3.33	45.42			1.00	3.70	25.08			1.85	3.55	46.27	

Fuente: Registro de campo.2018. Elaboración propia.

Se presenta la prueba estadística de X^2 ($P \leq 0.05$), para los meses de marzo, abril y mayo del 2018 (Tabla 5) si existe desviación significativa en los meses de marzo y mayo en las tres gradientes altitudinales ya que presentaron Índices de Dispersión respecto a la unidad, dado que la X^2 calculada = 45.42 y 46.26 difiere de la X^2 tabulada = 37.65 corroborando un patrón de distribución agregada. Sin embargo, para el mes de abril no existe diferencia significativa ya que la X^2 calculada = 25.08 es menor que X^2 tabulada= 37.65 esto es porque en el mes de abril, la población de Juliaca sube al cerro Espinal a extraer este cactus, como un rito para semana santa, esto lo hacen el día de viernes santo, he ahí cuando alteran el hábitat de esta especie.

Respecto al patrón agregado que encontramos durante las evaluaciones en las 3 zonas muestreadas de *A. subulata.*, en otros estudios como de Avendaño (2007), afirma que encontró el mismo patrón en el cactus *Mammillaria supertexta* con ID desde 3.40 a 14. Asimismo Zepeda *et al.* (2017) halló el índice de agregación a partir de la prueba de



Hopkins fue $IH=0.88$ determinando que el cactus *A. ornatum* presenta un patrón de distribución de tipo agregado. También, Naranjo *et al.* (2010), halló el valor de agregación del peyote *Lophophora williamsii* siendo de $IH=0.668$ asumiendo un patrón de distribución de tipo agregado. Sin embargo según Valencia Diaz *et al.*, (2012) de acuerdo con el índice de patrón espacial (R) en general, la distribución espacial de la cactácea globular *Mammillaria eriacantha* fue homogénea.

Mientras que para Buxb *et al.* (2001) el cactus columnar suculento *Stenocereus griseus* en sus muestreos indican un cierto grado de contagio o agregación con un Índice de moricita (6,33 $P<0,001$) y un Índice de David Moore de (1,77 $P<0,001$). También, Nova (2010), registro que el patrón de distribución espacial que presenta *N. mezcalaensis* es marcadamente agregado en la etapa de juvenil y adulto.

Según (Ostolaza, 2011), el patrón agregado es común en individuos adultos sobretodo en especies columnares. Algunos trabajos donde se reporta este patrón son por ejemplo Valiente y Ezcurra, 1991) en *Neobuxbaumia tetetzo*, Larrea y Soriano (2008) en *Stenocereus griseus*, *Cereus repandus* y *Pilocereus tillianus*, (Zenteno *et al.* 2009) en *Parodia maassii* y en *Pachycereus weberi* Linzaga *et al.* (2011). Sin embargo también en cactus globulares como, Ramos (2007) para *Mammillaria dixanthocentron* presento un patrón agregado.

Según Linzaga *et al.* (2011) la agregación se debe a condiciones topográficas específicas, y otros factores como la alta variación en la distribución de los recursos ambientales y del sitio a lo largo de su distribución (Larrea y Soriano, 2008; Valiente y Ezcurra, 1991; Zenteno *et al.* 2009).

Ploteé los índices de dispersión hallados en los diferentes meses en el Nomograma de Clapham. Los colores rojos son zona alta, color azul es zona media, verde es zona de ladera, esto nos indica a visibilidad que *Austrocyliodropuntia subulata*, presenta una distribución contagiosa en la zona media, pero para la zona baja, y zona alta también presenta tendencia a la distribución uniforme y aleatoria (Figura 9).

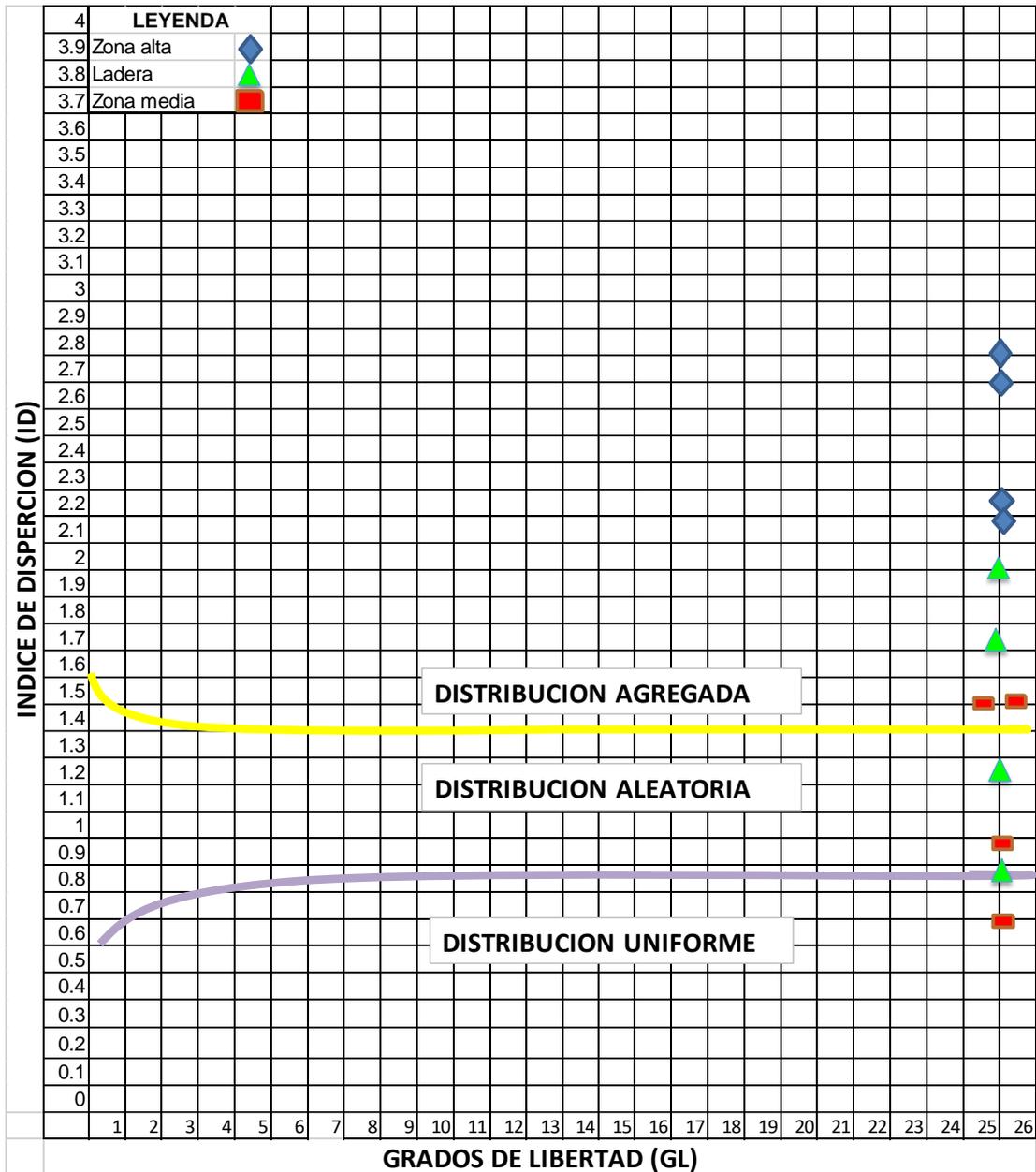


Figura 9. Nomograma de Clapham e índices de dispersión ploteados de *Austrocyliodropuntia subulata* noviembre – diciembre (2017) y enero y febrero (2018) en el cerro Espinal, Juliaca.

Los colores nos indican los índices de dispersión de cada una de las zonas o gradientes altitudinales estudiadas (rojo = zona alta, azul = zona media, verde = ladera o zona baja), estos índices han sido ploteados en el Nomograma de Clapham, esto nos indica que a la visibilidad *Austrocylindropuntia subulata* en zona media, ladera presenta una distribución agregada notablemente, pero para zona alta y baja presenta una distribución aleatoria (Figura 10).

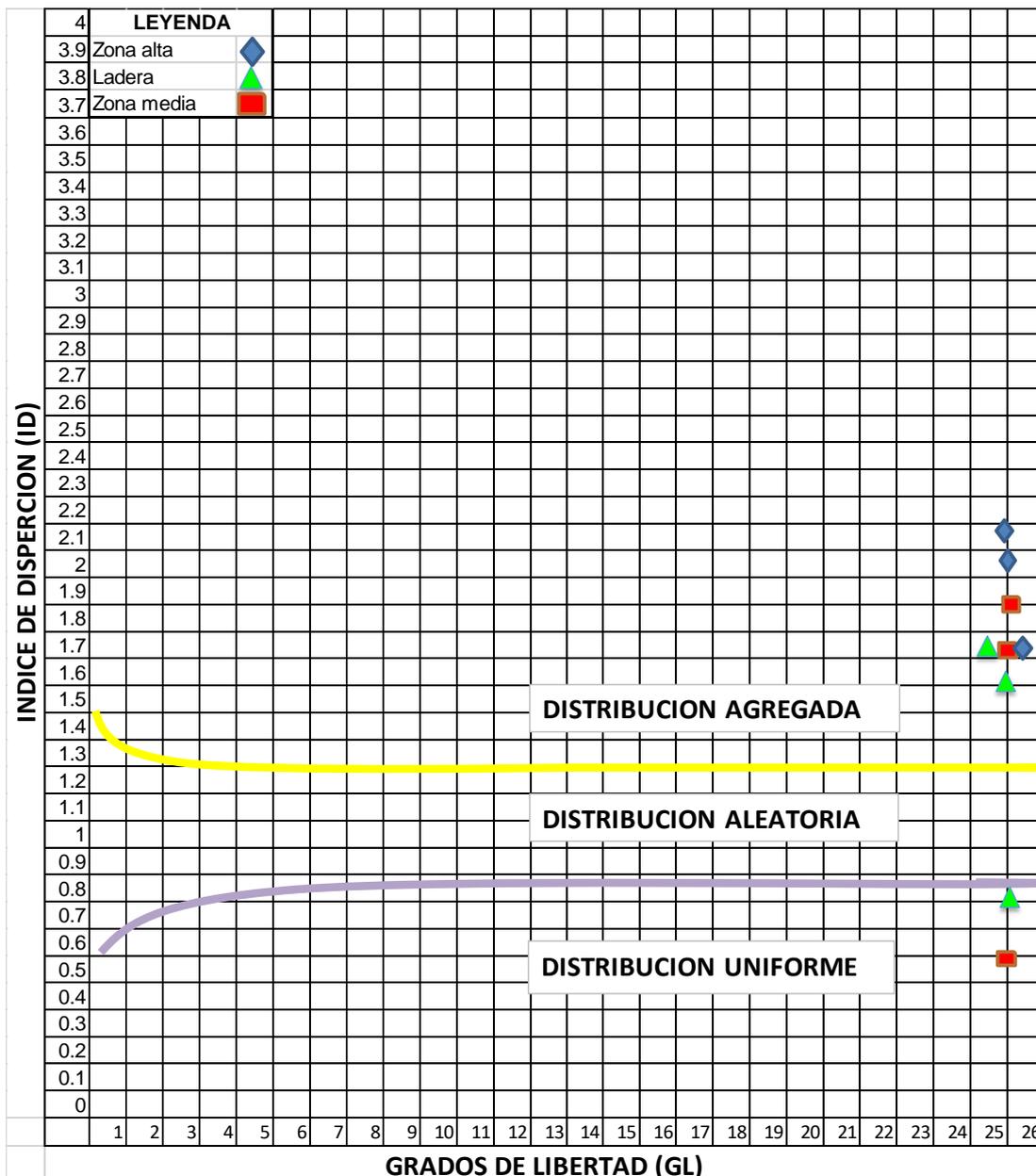


Figura 10. Nomograma de Clapham e índices de dispersión ploteados de *Austrocylindropuntia subulata* marzo – abril – mayo en el cerro Espinal, Juliaca, 2018.



De acuerdo a la prueba bioestadística no paramétrica de Kruskal Wallis; para determinar el número de individuos con respecto a las gradientes altitudinales (zona alta, zona media y ladera). Hay diferencia entre el número de individuos con respecto a la gradiente altitudinal (zona alta, zona media y ladera), $H_{cal} = 34.23$ $G1 = 3$, $P = < 0.0001$). Con media alta para la gradiente altitudinal media, reflejando mejores condiciones de hábitat (Tabla 6).

(Ostolaza, 2014) señala que el establecimiento de un nuevo individuo de cactus en hábitat áridos y semiáridos es muy difícil e impredecible por la ausencia de lluvias, altas temperaturas y escasa o nula presencia de agua en el subsuelo y por los potenciales depredadores, como animales o el principal depredador, el hombre, lo cual también parece influenciar con mucho ímpetu a lo largo de la área de distribución de *Austrocylindropuntia subulata* ya que su hábitat en la zona de estudio es variado y esta especie sobrevive a climas secos y poco húmedos, donde pueden llegar a soportar temperaturas extremas hasta de $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y temperaturas altas de hasta $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ según lo hallado en este estudio (SENAMHI, 2018).

Al respecto el (MINAM, 2015), señala que el principal responsable del crecimiento, desarrollo y distribución de las plantas por lo que el criterio climático es muy importante, especialmente relacionados a la humedad del suelo y temperatura,, además existe evidencia que indica que la comprensión del estado actual de la vegetación en zonas áridas puede relacionarse con la evolución dinámica de los suelos y formas del relieve (Valiente y Ezcurra, 1991b). Las zonas áridas son sistemas en los cuales las condiciones abióticas son extremas y determinan tanto la abundancia como la diversidad de las especies vegetales (Teixeira *et al.* 2004). Estas condiciones abióticas determinan en muchos casos la disponibilidad de recursos, y, por lo tanto, la distribución de las especies

(Cares *et al.* 2013). Sin embargo, condiciones locales de tipo biótico afectan la distribución y abundancia de los individuos (Golubov *et al.* 2000).

Tabla 6. Análisis de Kruskal Wallis respecto al número de individuos/ 100m² de *Austrocylindropuntia subulata* entre gradientes altitudinales (alta, media, ladera), en el cerro Espinal – Juliaca, 2017 y 2018.

Variable	GRADIENTE	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
INDIVIDUOS	LADERA	182	11.13	11.99	8.00	34.23	0.0001
INDIVIDUOS	ZONA ALTA	182	12.09	14.14	8.00		
INDIVIDUOS	ZONA MEDIA	182	28.49	28.26	21.00		

Al efectuar la prueba de Tukey (Tabla 7 y Figura 11), se determinó que existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) del número de individuos de *Austrocylindropuntia subulata* en la gradiente altitudinal zona media (28.49), con respecto a las demás gradientes altitudinales ladera y alta, en el cerro Espinal.

Esto se debe a que las cactáceas, en especial las de este género crecen y sobreviven con la poca humedad que conserva el sustrato. Siendo la gradiente altitudinal media diferente a la gradiente altitudinal ladera y en un porcentaje de humedad con 2.81 %, así mismo se halló un patrón de distribución agregado para esta zona, lo cual se debe a la presencia de plantas nodrizas encontradas en su mayoría en esta gradiente altitudinal entre Asteráceas y Poaceas, que son el mayor porcentaje de plantas que estas asociadas con este cactus.

Esto se corrobora con (Teixeira *et al.* 2004), las cactáceas se consideran plantas de zonas secas y es allí donde se supone se tiene su mayor diversidad. Además (Godínez *et al.* 2003) dice que la abundancia local de las poblaciones de cactus depende en gran medida de la germinación de las semillas y la supervivencia de las plántulas, igualmente (Valiente *et al.* 1991) menciona que durante las primeras etapas del ciclo de vida, las plántulas de cactus suelen estar expuestas a condiciones ambientales extremas como la

sequía, las temperaturas calientes del suelo y el bajo contenido de humedad. (Valiente y Ezcurra, 1991) también esto hace que esta etapa sea una de las más críticas para mantener poblaciones viables.

Tabla 7. Prueba de Tukey del número de individuos de *Austrocyliodropuntia subulata* con respecto a las gradientes altitudinales. En el Cerro Espinal – Juliaca (2017 – 2018)

GRADIENTE	Medias	n	E. E.	
LADERA	11.13	182	1.45	A
ZONA ALTA	12.09	182	1.45	A
ZONA MEDIA	28.49	182	1.45	B

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

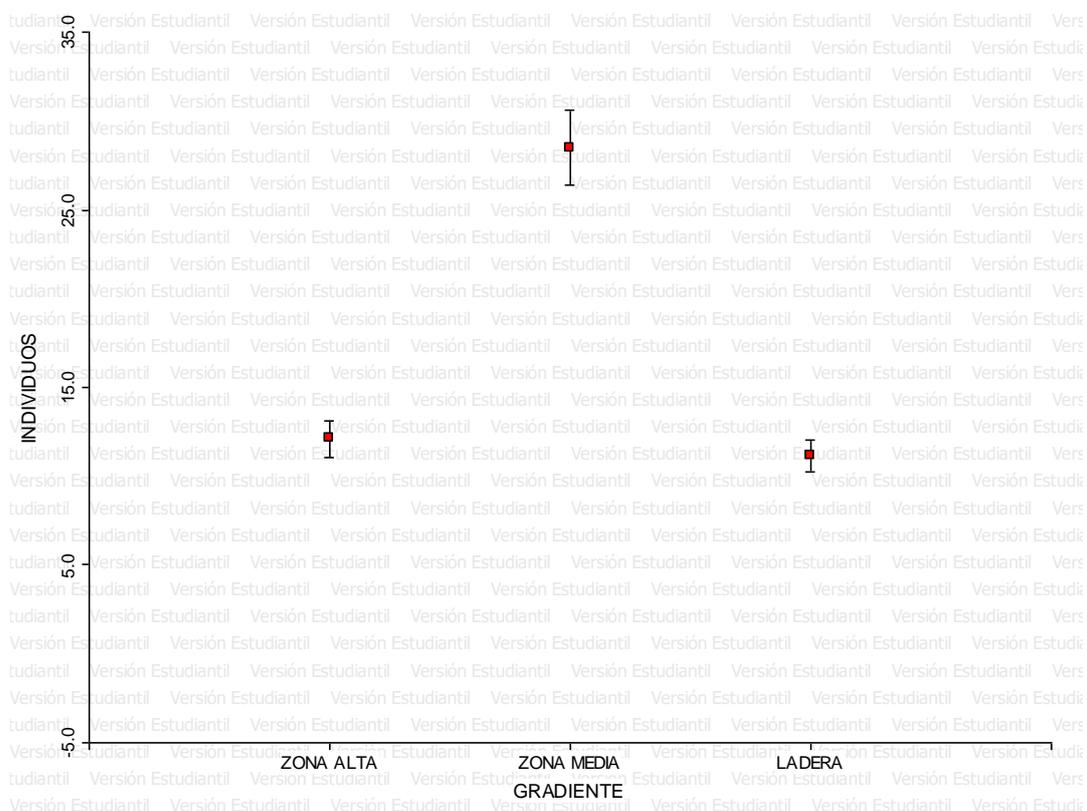


Figura 11. Promedio del número de individuos *Austrocyliodropuntia subulata* entre zonas (zona alta, zona media, ladera) en el Cerro Espinal- Juliaca, 2017-2018.

El análisis de Kruskal walis señala que no existe diferencia significativa con respecto a los meses de evaluación (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), $H_{cal} = 11.81$ $Gl = 3$, $P = <0.0001$). Con medias casi parecidas con un rango desde 9.5 hasta a 12 (Tabla 8). Solo en los meses de febrero y abril con unas medias bajas esto con este

resultado corroboramos que las cactáceas se demoran un buen tiempo en crecer, es decir demoran años en alcanzar una población numerosa. Como lo menciona (Mandujano *et al.*, 1998b; Barrera y Mandujano, 2002) que afirman que las cactáceas tienen ciclos de vida muy largos, de décadas o hasta cientos de años y a lo largo del ciclo de vida están expuestas a diferentes factores de mortalidad relacionados con los altos niveles de radiación, el estrés hídrico y las interacciones bióticas como herbívora y competencia. Según (Leirana y Parra, 1999) en las zonas áridas, la distribución espacial y la dinámica poblacional son afectadas fuertemente por diversas perturbaciones como las mencionas anteriormente.

Para (Franco y Nobel, 1989), según ellos está asociado a su capacidad para modificar las propiedades del suelo donde crecen, junto con la capacidad del follaje de su dosel para amortiguar las altas temperaturas y reducir la evapotranspiración en sus cercanías lo que, en conjunto, genera condiciones favorables para el establecimiento de diferentes especies de cactus. Lo cual también se corrobora con (Odum, 1986) que señala que la luz, temperatura y agua son factores ambientales ecológicamente importantes para el desarrollo de las plantas.

Tabla 8. Análisis de Kruskal Wallis respecto número de individuos/ 100m² de *Austrocylindropuntia subulata*, entre meses (noviembre, diciembre, 2017 y enero, febrero, marzo, abril, mayo, del 2018) en el Cerro Espinal – Juliaca.

Variable	MESES	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
INDIVIDUOS	NOVIEMBRE	78	17.68	23.49	23.49	6	11.81	0.064
INDIVIDUOS	DICIEMBRE	78	15.04	9.50	9.50			
INDIVIDUOS	ENERO	78	12.73	21.44	21.44			
INDIVIDUOS	FEBRERO	78	19.01	7.50	7.50			
INDIVIDUOS	MARZO	78	17.74	16.42	16.42			
INDIVIDUOS	ABRIL	78	18.62	6.00	6.00			
INDIVIDUOS	MAYO	78	19.83	20.46	20.46			

Al efectuar la prueba de Tukey (Tabla 9 y Figura 12) se determinó que no se encontró diferencia significativa ($P=0.05$), del número de individuos de *A. subulata*, durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, esto se corrobora con lo dicho por (Ostolaza, 2014), que los individuos de *A. subulata* demoran en crecer y según sus estadios son más vulnerables en la etapa de germinación y plántulas en la etapa juvenil.

Tabla 9. Prueba de Tukey del número de individuos de *Austrocylindropuntia subulata* (Muehlenpf.) Backeb. 1939 con respecto a los meses de evaluación en el Cerro Espinal – Juliaca (2017 – 2018).

MESES	Media	n	E. E.	
ENERO	12.73	78	2.38	A
DICIEMBRE	15.04	78	2.38	A
NOVIEMBRE	17.68	78	2.38	A
MARZO	17.74	78	2.38	A
ABRIL	18.62	78	2.38	A
FEBRERO	19.01	78	2.38	A
MAYO	19.83	78	2.38	A

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

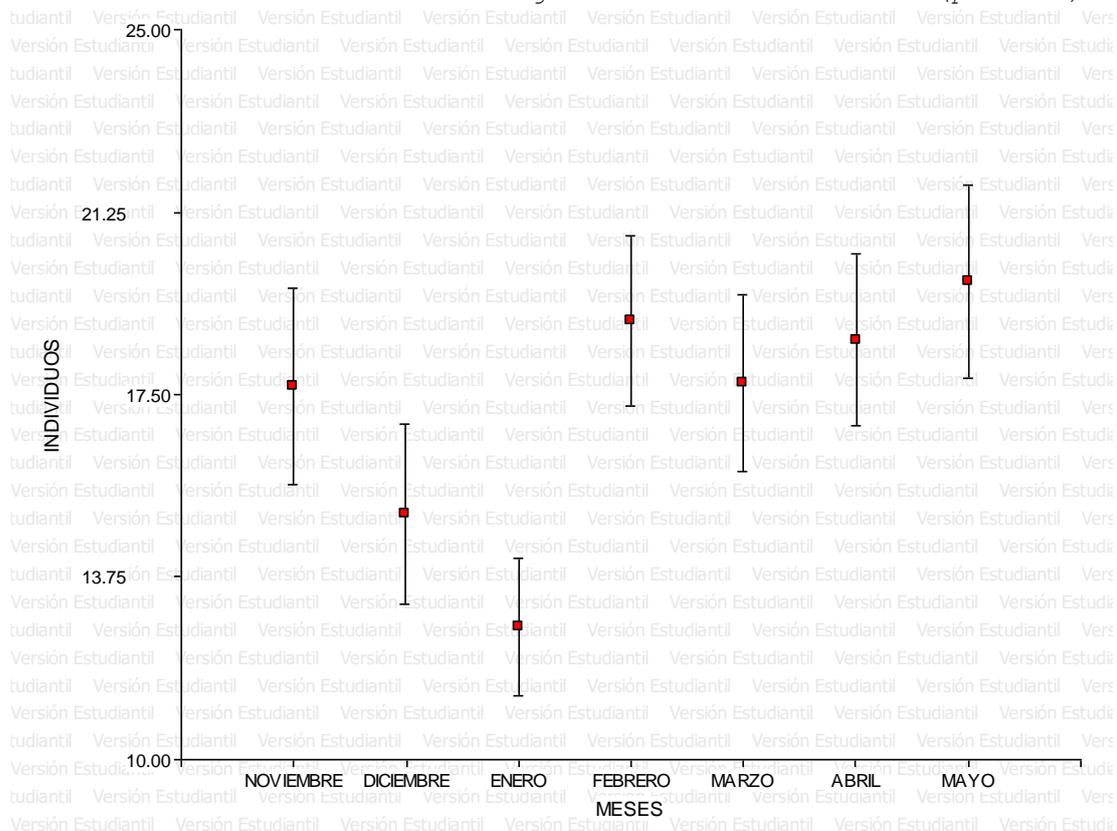


Figura 12. Promedio del número de individuos de *Austrocylindropuntia subulata*, entre meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio) en el Cerro Espinal – Juliaca.



4.2. IDENTIFICAR LA VEGETACIÓN ASOCIADA CON *Austrocylindropuntia subulata* A LO LARGO DE LAS GRADIENTES ALTITUDINALES EN EL CERRO ESPINAL, JULIACA.

Para la caracterización de la vegetación asociada al cactus *Austrocylindropuntia subulata*, se realizó una matriz de presencia y ausencia a lo largo de las gradientes altitudinales de la zona de estudio (Tabla 24).

Los resultados señalan que esta cactácea fue encontrado formando parte de la diversidad vegetal del cerro Espinal en las diferentes gradientes altitudinales, con mayor presencia en la gradiente altitudinal media, así mismo encontré durante las evaluaciones que los individuos en estadio juvenil de *A. subulata* se encuentran por debajo de otra planta, a este efecto se denomina cactus-planta nodriza (Cáceres *et al.* 2005; Mandujano *et al.* 2002; Ostolaza, 2014; Ostolaza, 2011).

Se identificó 37 especies distribuidas en 09 familias, relacionadas a la asociación con *A. subulata*, (Tabla 10 y Figura 13) se encontró una asociación positiva con especies vegetales como *Viguiera lanceolata*, *Eupatorium sp.*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Senecio rubbedkifolius*, *Muhlenbergia peruviana*, *Calamagrostis curbula*, *Baccharis lanceolata*, relacionadas entre sí mediante el efecto llamado planta nodriza de parte de las especies con asociación positiva.

Se presenta en la Tabla 10 los resultados de la medida de asociación positiva y negativa con las especies nativas encontradas a lo largo de las gradientes altitudinales del cerro Espinal y en la Figura 12 las especies con grado de asociación positiva y negativa tomando en cuenta la asociación planta nodriza, se demostró que la cactácea *A. subulata* tiene una asociación positiva con especies de las familias Asteráceas y Poáceas.



Figura 13. A. Efecto nodriza con *Baccharis salicifolia* (Chilca chilca) y *Austrocylindropuntia subulata*. B y D. Asociación con *Stipa ichu* (Poaceas) y *Viguiera*

lanceolata (Asteráceas) C. Plántula de *Austrocyllindropuntia subulata*, en asociación positiva con individuos de Gramíneas.

Al efectuar la corrección de Yates y la prueba de Ji cuadrado podemos afirmar que esta cactácea tiene una asociación positiva con *Viguiera lanceolata*, que registro un valor de Ji cuadrado de 12.43, siendo el valor más alto junto con *Eupatorium sp.*

Tabla 10. Medida y naturaleza de asociatividad entre *Austrocyllindropuntia subulata* y otras especies censadas a lo largo de las gradientes altitudinales evaluación en el cerro Espinal – Juliaca.

N°	Familia	Especie	Prueba de Ji Cuadrado	Naturaleza de Asociación
1	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	12.431	+
2	Asteraceae	<i>Eupatorium sp.</i>	10.386	+
3	Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	8.469	+
4	Poaceae	<i>Stipa obtusa</i>	7.347	+
5	Asteraceae	<i>Senecio rubbedkifolius</i>	5.364	+
6	Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	5.040	+
7	Poaceae	<i>Calamagrostis curvula</i>	4.704	+
8	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	3.972	+
9	Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	2.705	-
10	Brassicaceae	<i>Brasica campestris</i>	1.852	-
11	Poaceae	<i>Festuca dichoclada</i>	1.852	-
12	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	1.254	-
13	Poaceae	<i>Chondrosium simplex</i>	1.128	-
14	Asteraceae	<i>Tagetes multiflora</i>	1.059	-
15	Asteraceae	<i>Acanthoxanthium spinosum</i>	0.962	-
16	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	0.962	-
17	Rosaceae	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	0.958	-
18	Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.914	-
19	Verbenaceae	<i>Glandularia sp.</i>	0.859	-
20	Asteraceae	<i>Sunchus asper</i>	0.776	-
21	Poaceae	<i>Bromus unioloides</i>	0.627	-
22	Brassicaceae	<i>Lepidium chichicara</i>	0.588	-
23	Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i>	0.477	-
24	Asteraceae	<i>Gnaphalium viravira</i>	0.456	-
25	Asteraceae	<i>Ophryosporus heptanthus</i>	0.456	-
26	Poaceae	<i>Poa annua</i>	0.432	-
27	Asteraceae	<i>Hieracium sp.</i>	0.357	-
28	Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>	0.296	-
29	Asteraceae	<i>Viguiera rudbeckioides</i>	0.206	-
30	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	0.196	-
31	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i>	0.182	-
32	Malvaceae	<i>Malvastrum campestris</i>	0.115	-



33	Brassicaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	0.059	-
34	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	0.031	-
35	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	0.001	-
36	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	0.001	-
37	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium dombeyanum</i>	0.001	-

Fuente: Elaboración propia donde +) Positiva -) Negativa a) $X^2_{0.05} = 3.84$

Que registro un valor de Ji cuadrado de 10.386, también con *Stipa ichu* que registro un valor de Ji cuadrado de 8.469, *Stipa obtusa* un valor de 7.347, así mismo con *Senecio rubbedkifolius* de 5.364, también *Muhlenbergia peruviana* un valor de 5.040, y *Calamagrostis curvula*, presento un valor 4.704, también *Baccharis salicifolia*, con un valor 3.972 esto se debe a que estas plantas actúan como nodrizas de *A. subulata*, que según (Peters y Martorell, 2001) existe la posible asociación positiva, el mismo que es un fenómeno denominado nodricismo, donde las plantas crecen bajo arbustos, herbazales. También (Castro *et al.* 2006) indica que el nodricismo ha sido descrito en varias regiones del mundo para plantas anuales y perennes que se protegen a sí mismas bajo un dosel de plantas perennes.

De acuerdo a los trabajos de Valiente y Ezcurra (1991a), las condiciones micro climáticas que se presentan a la sombra de una planta nodriza se reflejan en la supervivencia de plántulas del cactus *Neobuxbaumia tetetzo*, las cuales sobreviven incluso dos años después de iniciado el experimento, en contraste con las plantas sembradas a cielo abierto que murieron en menos de 100 días.

Para Godínez y Valiente (1998) las plantas nodrizas disminuyen la radiación solar en un 97% favoreciendo la supervivencia de los cactus *Neobuxbaumia tetetzo* y *Pachycereus hollianus*. En el trabajo de Leirana y Parra (1999) expone que el cactus *Mammillaria gaumeri* necesita de plantas nodriza para poder establecerse, dado que su mortalidad es 18 veces más alta en espacios abiertos, con respecto a su mortalidad bajo plantas nodriza.



La asociación en su mayor porcentaje (Tabla 10) es 40,5 % para la familia de Asteráceas y 29.7 % para las Poáceas y las familias con menor porcentaje de asociación fue para las Rosáceas, Verbenáceas, Malváceas, Chenopodiaceas, Ciperáceas, Fabáceas, Lamiáceas con 2.7 %.

Tabla 11. Porcentaje de las familias asociadas a la cactácea *Austrocylindropuntia subulata*.

FAMILIA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	%
<i>Asteráceas</i>	15	0.41	40.5
<i>Brasicáceas</i>	4	0.11	10.8
<i>Chenopodiaceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Ciperáceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Fabáceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Lamiáceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Malváceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Poaceas</i>	11	0.30	29.7
<i>Verbenáceas</i>	1	0.03	2.7
<i>Rosáceas</i>	1	0.03	2.7

Fuente: Elaboración propia

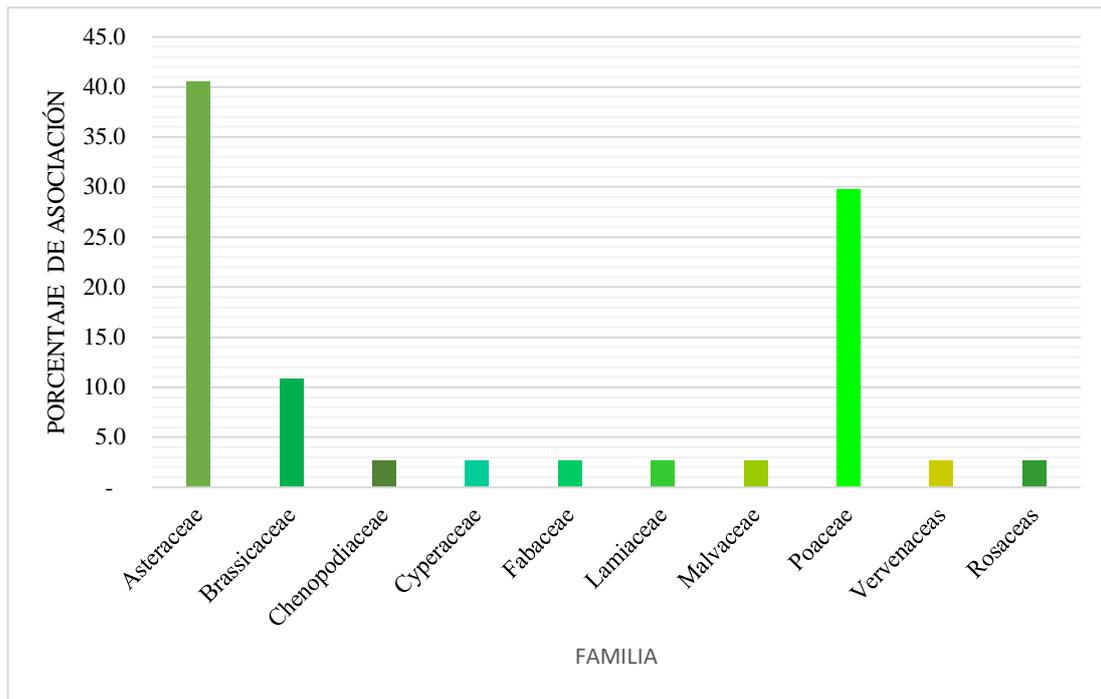


Figura 14. Medidas de asociación con las familias encontradas en el Cerro Espinal, Juliaca, (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), (2017 y 2018).

Estos resultados se corroboran con lo mencionado por Golubov *et al.* (2000) que en su trabajo encontró a 10 especies de cactáceas que están asociadas a pastizales de *H. mutica* de las cuales el 40% son cactus del género *Opuntia*. También Briones *et al.* (1996); Mandujano *et al.* (1998); indican hay estudios que ejemplifican el papel de los pastos en la interacción con las cactáceas y diferentes especies de plantas perennes ya que tienden a favorecer la germinación de semillas y la supervivencia de plántulas de varias especies de cactáceas, originando patrones fuertemente agregados en estas últimas (Niering *et al.* 1963).



4.3. INTERPRETAR LOS FACTORES ABIÓTICOS DEL HÁBITAT DE LA CACTÁCEA *AUSTROCYLINDROPUNTIA SUBULATA* EN EL CERRO ESPINAL, JULIACA.

4.3.1. Temperatura y humedad del suelo.

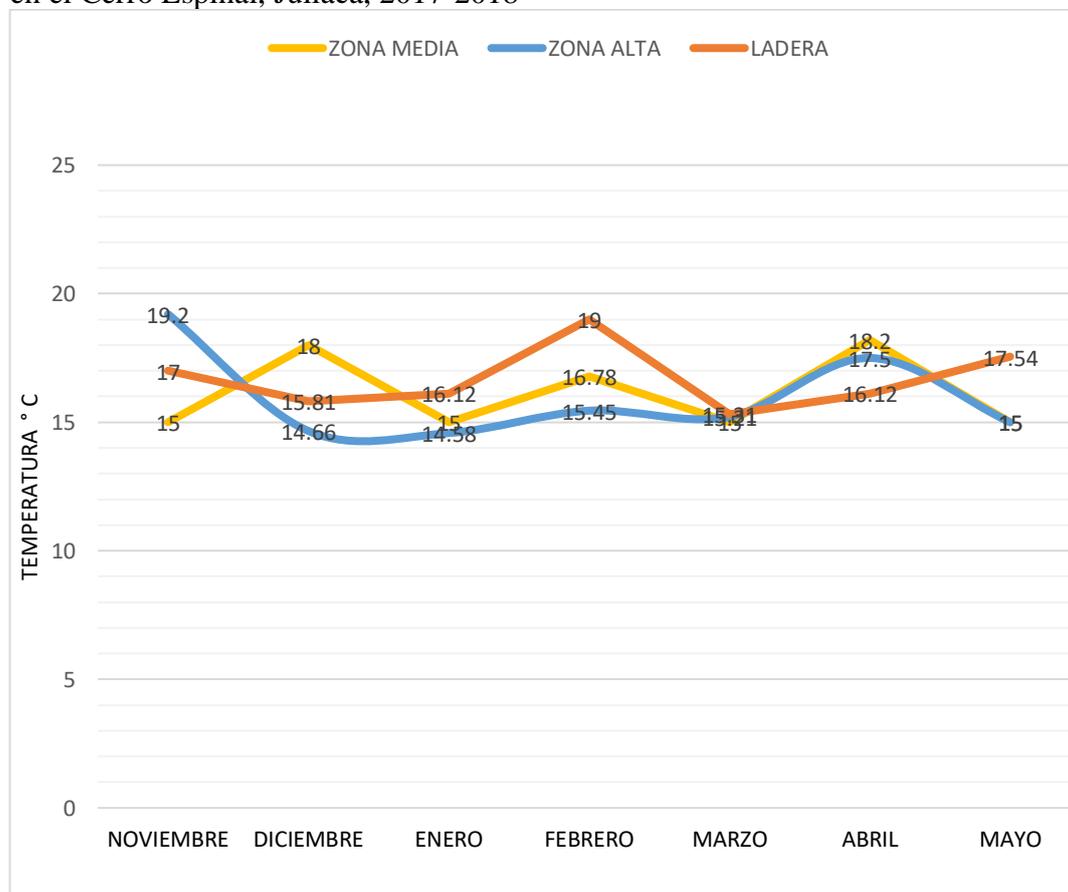
La temperatura del suelo fue determinado a una profundidad de 30 cm esta información ha permitido determinar que entre los meses de evaluación existió una variabilidad en los meses de noviembre, diciembre del 2017, en enero, marzo y mayo del 2018 presentaron temperaturas bajas esto seguro se debió las variaciones del clima en temporadas de lluvias. Sin embargo en los demás meses presentan una temperatura homogénea, en relación a las gradientes durante el periodo de evaluación, se puede observar que también es homogéneo, con temperaturas para la gradiente media con 15.94 °C, para la gradiente ladera 16.7 °C, para la gradiente alta 16.14 °C, (Tabla 12 y Figura 15) es por eso que la cactácea *A. subulata* presenta un patrón de agregado por que la temperatura del suelo influye en el crecimiento de cactáceas. Los resultados de temperatura precedente permiten explicar que la temperatura del suelo está dentro del tipo de suelo franco arenoso.

Tabla 12. Temperatura del suelo a 30 cm de profundidad en las tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018

TEMPERATURA DEL SUELO °C								
GRADIENTE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	PROMEDIO
ZONA ALTA	15	18	15	16.78	15	18.2	15	16.14
ZONA MEDIA	19.2	14.66	14.58	15.45	15.21	17.5	15	15.94
LADERA	17	15.81	16.12	19	15.31	16.12	17.54	16.7
PROMEDIO	17.1	16.2	15.2	17.1	15.2	17.3	15.8	16.3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Temperatura del suelo tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el Cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018





Según (Emmel, 1975) la distribución espacial y la abundancia de las plantas se ve afectada por factores como competencia, herbívora, dispersión de semillas y los factores abióticos, principalmente la temperatura, la humedad y la luz. También (Louw y Seely, 1982) dadas las condiciones tan extremas a las cuales se someten las especies vegetales, han surgido un gran número de adaptaciones como mecanismo para evitar la pérdida de agua como es el desarrollo del metabolismo CAM y C4 (que permiten una eficiencia de agua y desarrollo superior en temperaturas elevadas).

Lo hallado en los resultados este estudio que *A. subulata* crece en suelos con temperatura de 15°C hasta 19° C es diferente al estudio de Nobel *et al.* (1986) que encontró que las cactáceas tienden a ser óptimas para la germinación a temperaturas cercanas a 25°C; sin embargo, dependiendo de la especie, los requerimientos pueden ser de temperaturas constantes o incluir la exposición de las semillas a fluctuaciones térmicas (Mazzola *et al.* 2013; Rojas *et al.* 1998).

También Mazzola *et al.* (2013) en su estudio vieron que las semillas de *T. candidans* germinaron en todo el rango de temperaturas constantes y alternas analizando, con mayores porcentajes cuando las temperaturas diarias promedio se ubicaron entre 20 y 30°C. Sin embargo, la velocidad de germinación fue mayor a 25°C, lo que sugirieron que ésta es la temperatura más adecuada para este cactus.

Los resultados demuestran que existe mayor humedad en la zona media y alta con 2.44% y 2.10% (Tabla 12 y Figura 15), pero sin embargo los valores disminuyeron presentando una menor humedad en la gradiente ladera con un valor de 1.43 %, en promedio en el cerro Espinal. La humedad del suelo fue de 1.99 % durante los siete meses evaluados. Esta humedad porcentual tiene influencia en el crecimiento de *A. subulata* y se muestra un suelo no muy húmedo, y las cactáceas siempre tienden a crecer en suelos donde existe carencia de agua, este es el caso se *A. subulata*, que demostró su presencia en este suelo

no húmedo. En los meses de evaluación se ha determinado que existe mayor humedad en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, con resultados de 2.27 %, 2.28 %, 2.68 %, 2.09 % en las tres gradientes altitudinales respectivamente. Así mismo se puede afirmar que en la gradiente zona media existe mayor humedad respecto a estos meses con 3.2 % para el mes de enero, 4.2 % para el mes de febrero, 3.2 % para el mes de marzo, esto se debe a que el mes de diciembre empieza en la región la temporada de avenidas (lluvias) y estas duran hasta el mes de marzo aproximadamente. Y respecto al mes de mayo donde se observa una notoria disminución en con 1.37 % de humedad, esto se debe a que ya en este mes ya termina poco a poco el periodo de lluvias en la región.

Tabla 13. Humedad del suelo 30 cm de profundidad tres gradientes altitudinales y en los meses de estudio en el Cerro Espinal, Juliaca, 2017-2018.

HUMEDAD DEL SUELO %								
GRADIENTE	NOVIEMBRE 2017	DICIEMBRE 2017	ENERO 2018	FEBRERO 2018	MARZO 2018	ABRIL 2018	MAYO 2018	PROMEDIO
ZONA ALTA	2.3	1.8	2.4	2.5	2.34	1.73	1.6	2.10
ZONA MEDIA	1.3	2.1	3.2	4.2	3.2	1.7	1.4	2.44
LADERA	1.5	2.9	1.25	1.35	0.72	1.18	1.12	1.43
PROMEDIO	1.70	2.27	2.28	2.68	2.09	1.54	1.37	1.99

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis estadístico de correlación de Pearson para saber la significancia entre el patrón agregado de *A. subulata* y temperatura y humedad del suelo se encontró una

correlación negativa con la temperatura del suelo ($r = -0.24$) ($p < 0.0001$) y una correlación significativa con la humedad del suelo ($r = 0.87$) y ($p < 0.0001$).

Tabla 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre *A. subulata* y temperatura, y humedad del suelo del cerro Espinal.

Variable	n	Coeficiente de Pearson	p-valor
Temperatura de suelo °C	546	-0.24	<0.0001
Humedad del suelo %	546	0.87	<0.0001

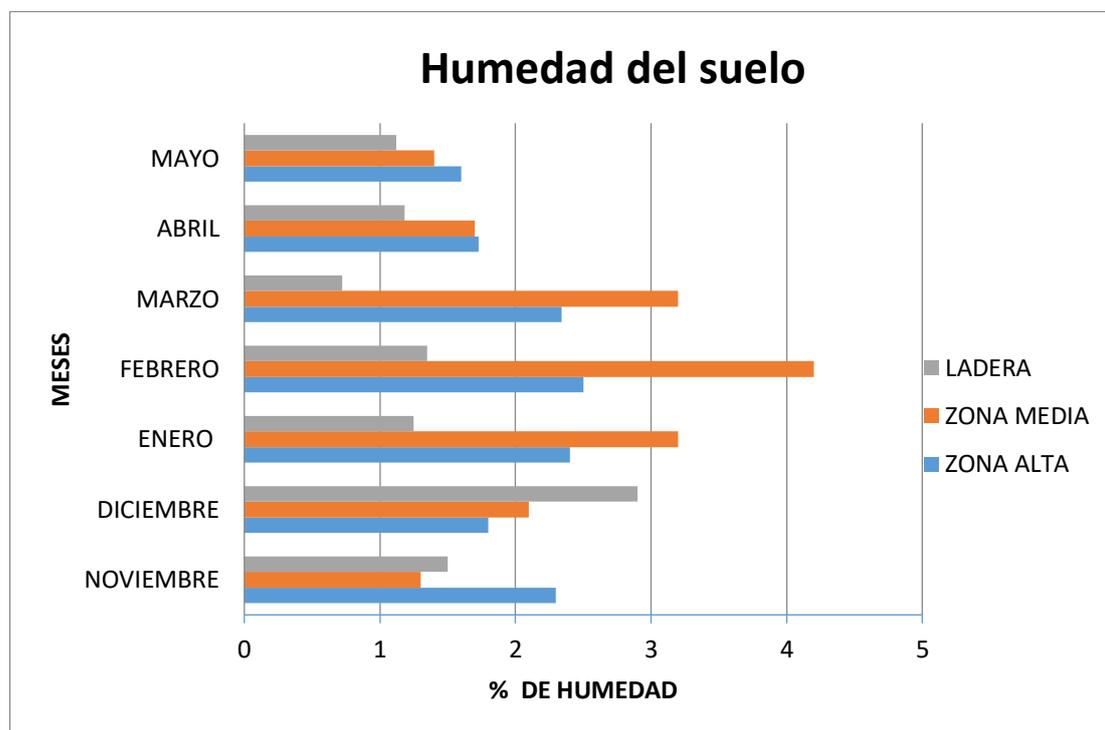


Figura 16. Humedad del suelo en las tres gradientes altitudinales, durante los meses de estudio (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), en el cerro Espinal, Juliaca, 2017 – 2018.

Finalmente, los resultados de mayor acumulación de humedad demostraron que se registró en la gradiente altitudinal media en los meses enero a marzo, y la gradiente altitudinal ladera tiene menor acumulación de humedad, lo más notable es en el mes de marzo, y podemos observar que a medida que incrementa la altitud hay una variación progresiva de respecto a los meses. Este se corrobora con el estudio de Avendaño (2007) donde la sobrevivencia de plántulas se efectuaron en un rango de -95% hasta +35% con



respecto al valor original. Las simulaciones en sentido negativo se efectuaron con el propósito de presentar una perspectiva de lo que podría presentarse en el campo como consecuencia a cambios en las variables ambientales como aumento en la erosión del suelo, disminución de la humedad. Según (Valiente *et al.* 1991) poca disponibilidad de agua es uno de los factores por qué las cactáceas presentan un patrón de distribución agregada.

4.3.2. Factores edáficos del suelo.

La textura del suelo es franco arenoso (FA). Según los resultados de análisis de fertilidad de suelo muestran los porcentajes de arena arcilla y limo en las tres gradientes altitudinales (Figura 17), para ladera se presentó 19 % de limo, 34 % de arcilla, y 47 % de arena, para la zona media con limo 36 %, para arcilla 11 %, y arena 53 %, para la zona alta 36 % de limo. 7 % arcilla, 57 % de arena, el mayor porcentaje es de arena y arcilla. Según Valiente et al., (2006) existe evidencia que indica que la comprensión del estado actual de la vegetación en zonas áridas puede relacionarse con la evolución dinámica de los suelos y formas del relieve, y los cactus crecen en suelos franco arenoso, suelos volcánicos (Luna *et al.*, 2012)

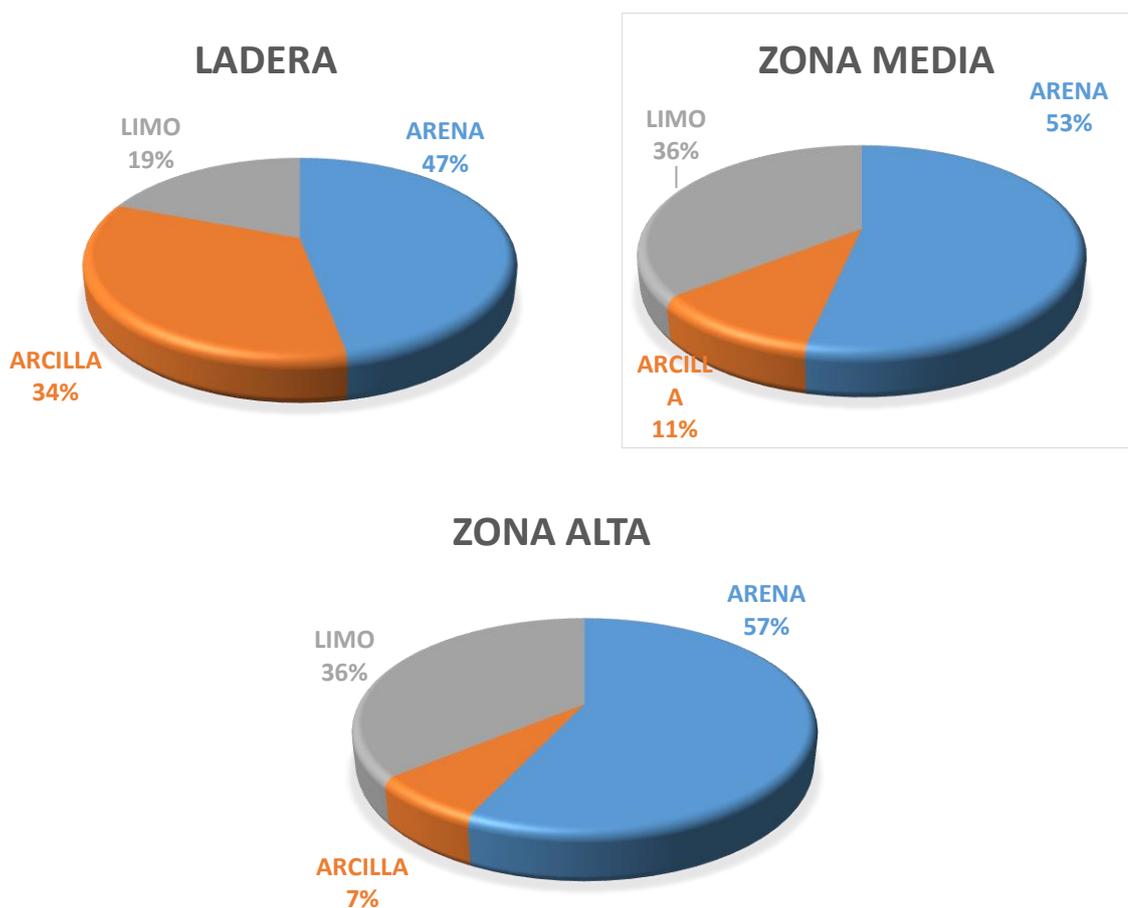


Figura 17. Porcentaje de composición entre arena, arcilla, limo en los puntos de evaluación de las tres zonas (ladera, media, alta), en el cerro Espinal, Juliaca, 2018.



El contenido de nitrógeno total es 0.005 % en ladera, en la zona media es de 0.085 % y en la zona alta es 0.075 %. El contenido de fósforo en la zona media es alto con un contenido de 9.98 ppm y 8.00 ppm respectivamente (Tabla 20), presentando la zona media con mayor porcentaje de fósforo, otro componente que se analizó es el potasio, presentando mayor concentración en la zona media con 890.00 ppm y 380.00 ppm, y seguido de zona alta con 310.00 ppm y 600.00 ppm respectivamente, para ladera se halló 170.00 ppm y 180.00 ppm afirmando que el cerro Espinal la disponibilidad de fósforo es media, y referente al potasio es alto, en cuanto al nitrógeno total es bajo.

El pH del suelo es para la zona media 7 y 6.55, con un valor para neutro para la zona alta es 6.53 y 6.86, y para ladera 6.69 y 6.67, se puede decir que en esta zona el suelo ligeramente ácido, relacionando con las gradientes altitudinales la zona media tiene tendencia neutra, por la presencia de *A. subulata* que puede llegar a neutralizar suelos ligeramente ácidos. Así mismo al realizar la prueba estadística de correlación de Pearson nos indica una correlación significativa (Tabla 21), ($r = 0.98$) ($p < 0.0001$).

Para la conductividad eléctrica para ladera es 0.06 y 0.082 mmhos/cm y para zona alta 0.075 y 0.119 mmhos/cm respectivamente, para zona media 0.109 y 0.043 mmhos/cm, afirmando que el suelo del cerro Espinal es muy ligeramente salino, según el análisis estadístico presenta una correlación de Pearson negativa ($r = -0.33$ y $p < 0.0001$) (Tabla 21) con el patrón de distribución agregada, esto quiere decir que mientras el índice de distribución agregado va en aumento, y los valores de conductividad eléctrica disminuyen.

Referentes a las relaciones catiónicas en el cerro Espinal afirmamos que la relación K/Mg es normal en ladera, en la zona media y alta es deficiente de Mg y K, la relación entre Ca/Mg es para ladera, zona media y alta es deficiente en Ca y Mg. (Tabla 20). Así mismo al realizar el análisis estadístico entre el patrón de distribución agregado de *A. subulata* y

la capacidad de intercambio catiónico, y cationes cambiables nos dice que tiene una correlación no significativa (Tabla 21) con valores para Calcio ($r=0.11$) y ($p= 0.0094$), Potasio ($r=0.50$) y ($p<0.0001$), y una correlación negativa con Magnesio ($r = -0.90$) y $p <0.0001$), Sodio ($r = -0.50$) ($p<0.0001$), estos resultados nos indicarían que estos componentes no tiene relación con la agregación de *A. subulata*.

Tabla 15. Resultados de análisis de fertilidad de suelo en las gradientes altitudinales en el cerro Espinal de Juliaca, 2018.

GRADIENTE	TEXTURA	Mat. Org %	N total %	H ⁺ %	pH	CE Cationes mmhos/cm	P ppm	K ppm	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g	CIC me/100g	SUMA DE CATIONES
LADERA 1	FA	1.79	0.06	1.43	6.69	0.06	8	180	3.8	2.5	0.00	0.50	5.9	6.8
LADERA 2	FA	1.8	0.05	0.72	6.67	0.082	7.83	170	2.5	2.1	0.00	0.50	8	5.1
ZONA MEDIA 1	FA	1.86	0.07	1.4	7	0.109	8	380	4.3	2.4	0.00	1.00	10	7.7
ZONA MEDIA 2	FA	2.00	0.1	4.22	6.55	0.043	9.98	890	5.7	1.2	0.00	1.70	10	8.6
ZONA ALTA 1	FA	1.8	0.07	2.5	6.86	0.075	8.13	310	5.4	2.6	0.1	1.20	12	9.3
ZONA ALTA 2	FA	1.93	0.08	2.34	6.53	0.119	8.96	600	7.1	2.8	0.00	1.50	12	11.4

Fuente: Resultados de análisis de suelo en el laboratorio de suelos INIA, 2018

La importancia de pH es alta, ya que si el sustrato no tiene el pH adecuado (ligeramente ácido), los nutrientes presentes, no estarán disponibles para que los absorba el sistema radicular en las cactáceas (Ceroni *et al.* 2007). Asimismo Luna *et al.* (2012) afirma que la fertilidad de los suelos donde crecen las cactáceas, presenta bajo contenido de nitrógeno y materia orgánica, esto se corrobora con lo encontrado en estos resultados

Sobre los fertilizantes (N, P, K) sabemos que el nitrógeno (N) favorece el crecimiento de las plantas, en general. El fósforo (P) y el potasio (K) son necesarios para el desarrollo de flores y frutos. Un abono para cactáceas debe tener más fósforo (P) y potasio (K) que nitrógeno (N) (Ostolaza, 2011).

Referente a los porcentajes de materia orgánica el porcentaje van en aumento según a la altitud, en la zona media tiene mayor porcentaje con 1.86 y 2 % de materia orgánica, y ladera 1.79 % y 1.80 %, afirmando que la materia orgánica en el cerro espinal es baja.

Según el análisis de factores edafológicos en relación al patrón de distribución espacial contagioso de *A. subulata*, la cantidad de materia orgánica y N total, tiene una correlación significativa ($p < 0.05$), con la distribución agregada encontrado en la evaluación de *A. subulata*, con un valor de ($r = 0.859$) ($p < 0.0001$), para el porcentaje de materia orgánica y ($r = 0.76$, $p < 0.0001$) para Nitrógeno total, esto indicaría por que se da la agregación, ya que los cactus se desarrollan en suelos con cantidades bajas de materia orgánica y Nitrógeno total.

Así mismo la presencia de esta cactácea y su distribución agregada está relacionada con la disponibilidad de nutrientes como P y K con una correlación positiva (Tabla 21) para fosforo ($r = 0.81$, $p < 0.0001$), y potasio ($r = 0.80$, $p < 0.0001$), así mismo para el crecimiento de este cactus está determinado por la concentración de P y K.

Al respecto a los resultados hallados en este análisis las propiedades edáficas son mayor de importancia e influyen en el crecimiento de las cactáceas y en suelos ligeramente ácidos (Teixeira *et al.* 2004)

Tabla 16. Coeficiente de correlación de Pearson entre factores edafológicos del cerro Espinal y el índice de distribución de *A. subulata*.

	<i>Variable</i>	<i>n</i>	<i>Pearson</i>	<i>p-valor</i>
	% <i>Materia Orgánica</i>	546	0.86	<0.0001
	<i>Nitrógeno total</i> %	546	0.76	<0.0001
	<i>pH</i>	546	0.98	<0.0001
	<i>Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)</i>	546	-0.33	<0.0001
NUTRIENTES	<i>Fosforo disponible (ppm)</i>	546	0.81	<0.0001
DISPONIBLES	<i>Potasio disponible (ppm)</i>	546	0.80	<0.0001
CATIONES	<i>Ca me/100g</i>	546	0.11	0.0094
CAMBIABLES	<i>Mg me/100g</i>	546	-0.90	<0.0001

<i>Na me/100g</i>	546	-0.50	<0.0001
<i>K me/100g</i>	546	0.50	<0.0001
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	546	0.12	0.0053
<i>CIC me/100g</i>			

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Precipitación y temperatura ambiental.

Se presentan los datos de temperatura máxima, mínima y media mensual, registrados durante los meses enero a diciembre del año 2016, 2017 y 2018 y se trabajó con promedios de precipitación diaria y temperatura promedio horaria, temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria (Tabla 15), se observa para el año 2017 y 2018, con promedios más altos en lo referente a precipitación pluvial horaria acumulada, más notable en el mes de marzo del 2017 (Figura 16).

Tabla 17. Datos meteorológicos de temperatura y precipitación pluvial (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. EMA Juliaca.

AÑOS	(mm) PRECIPITACION ACUMULADA HORARIA			(°C) TEMP PROMEDIO HORARIA			(°C) TEMP MAXIMA DIARIA			(°C) TEMP MINIMA DIARIA		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
<i>ENERO</i>	0.1	0.13	0.1	11.3	9.90	9.81	19.5	16.93	16.65	4.1	5.20	4.82
<i>FEBRERO</i>	0.3	0.09	0.2	10.7	10.55	9.83	17.8	18.64	16.40	6.2	4.36	5.22
<i>MARZO</i>	0.1	11.81	0.2	10.9	9.49	9.50	19.8	16.38	16.93	2.4	4.54	4.68
<i>ABRIL</i>	0.1	0.05	0.04	9.4	9.16	8.34	18.7	17.53	17.77	3.1	2.05	-0.54
<i>MAYO</i>	0.0	0.01	0.02	7.3	7.41	6.84	18.2	17.32	17.48	-4.7	-3.10	-3.54
<i>JUNIO</i>	0.3	2.42		20.0	9.30		17.4	17.36		-7.3	2.61	
<i>JULIO</i>	0.0	0.01		6.2	5.22		17.1	17.10		-6.0	-6.99	
<i>AGOSTO</i>	-8.0	0.00		7.2	6.94		18.3	18.69		-5.6	-6.75	
<i>SEPTIEMBRE</i>	0.1	0.06		8.6	8.61		17.8	17.78		0.3	0.33	
<i>OCTUBRE</i>	0.1	0.09		9.5	9.49		19.3	19.34		-0.4	-0.43	
<i>NOVIEMBRE</i>	-15.8	0.05		10.4	11.07		20.7	20.53		-0.1	1.79	
<i>DICIEMBRE</i>	0.1	0.18		10.9	10.42		18.8	19.04		4.4	3.16	
<i>PROMEDIO</i>	-1.9	1.24	0.1	10.2	9.0	8.9	18.6	18.1	17.0	-0.3	0.6	2.1
<i>TOTAL</i>	-24.7	16.12	0.7	132.8	116.5	53.2	242.0	234.7	102.3	-3.8	7.3	12.8

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

La temperatura máxima diaria en promedios durante los años 2016, 2017, 2018 es notable el incremento con -3.8°C para el año 2017, 7.3°C para el año 2018, 12.8°C para el año 2018, presentando en los meses de febrero, agosto, noviembre y diciembre del 2017 valores altos en temperatura máxima horaria, y para el año 2018 en el mes de mayo respectivamente, respecto a la temperatura mínima horaria el promedio es para el año 2016 -3.8°C , para el año 2017 es 7.3°C , y para el año 2018 es 12.8°C . Presentando temperaturas mínimas en los meses de mayo hasta agosto en el 2016, para el año 2017 los meses de mayo y julio presentaron temperaturas por debajo de los -4°C , en el año 2018 las temperaturas bajas empiezan en el mes de abril, y mayo con valores por debajo de los 0°C ., esto puede influir en el patrón de distribución agregada que presenta *A. subulata* (Figura 17).

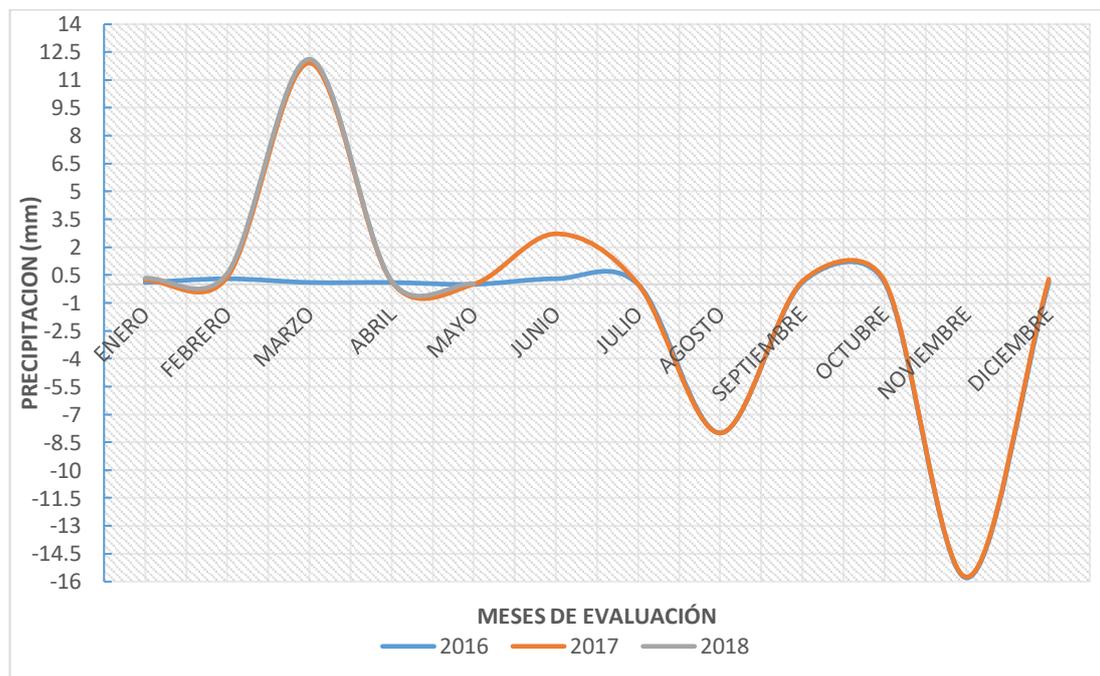


Figura 18. Patrón precipitación pluvial (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.

Según (Zenteno *et al.*, 2009) implica que los patrones de las plántulas podrían cambiar de año a año dependiendo de la cantidad de lluvia en la altura y el clima ya que es una limitante para la distribución, y según (López y Valdivia, 2007) estas diferencias podrían

explicarse en parte por una particularidad de los desiertos y semidesiertos subtropicales andinos: la existencia de un período lluvioso casi exclusivamente veraniego (casi todas las lluvias caen entre diciembre y febrero).

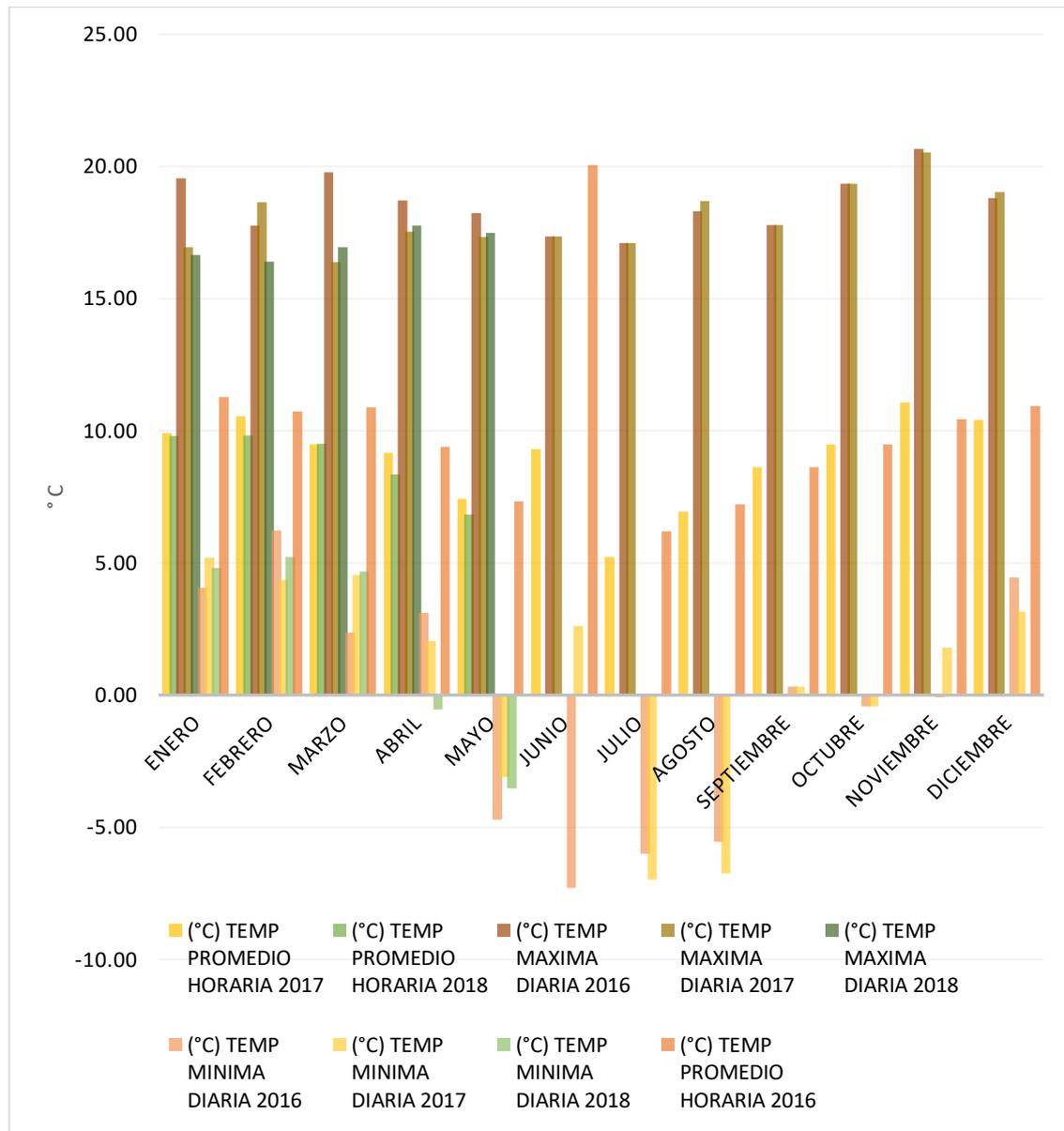


Figura 19. Patrón de temperatura promedio horaria, temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017,2018.

Para la temperatura promedio mínima se observa que en los tres años se registraron temperaturas bajo cero, con más intensidad en los meses de mayo, junio, julio, agosto, en los tres años 2016, 2017,2018. Mientras que los promedios de temperatura máxima



diaria, en los mismos años lo presentaron en los meses de enero, marzo, noviembre, diciembre. Esto no afecta a la población de la *A. subulata*, porque esta cactácea es de hábitat secos. Y esto se corrobora con diversos estudios que mencionan que la temperatura y la luz, son factores que afectan la germinación de semillas de las cactáceas (Dubrovsky, 1998; Valverde y Ortega-Baes, 1949; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Méndez, 2011; Rojas-Aréchiga *et al.* 1998)

Según (Dubrovsky, 1998) las precipitaciones son muy variables, tanto espacial como temporalmente, y en algunas cactáceas presentan adaptaciones para germinar bajo condiciones de estrés hídrico, mientras que otras con menor tolerancia, germinan inmediatamente después de las lluvias como puede ser el caso de *A. subulata*, y según (Briones *et al.* 1996), en condiciones adecuadas de humedad en el suelo, la temperatura tiene la capacidad de promover la germinación, como así también regular el tiempo y la velocidad de la misma.

4.3.4. Humedad relativa y radiación solar acumulada.

La radiación solar acumulada diaria para el año 2016 presenta un promedio de 243.1 W/m², esta difiere de los promedios obtenidos en los años 2017 y 2018, porque estos promedios van en aumento con 260.0 W/m² para el año 2017 y 252.0 W/m² para el año 2018 respectivamente. Esto va en aumento, la radiación solar acumulada diaria para el primer año es más elevado en el mes enero, octubre, noviembre, para el año 2017 para los meses octubre y noviembre, para el año 2018 la mayor radiación solar acumulada es en el mes de abril con 266.3 W/m². Con estos datos podemos decir que la radiación va en aumento notorio durante los tres años, y esto puede afectar a la adaptación y crecimiento de *A. subulata*, (Tabla 14 y Figura 19)

Respecto a la humedad relativa con los datos de promedio (Tabla 14 y Figura 19) en los años 2017 y 2018, no hay diferencia, para el año 2016 presenta un promedio de 44.7 %

de humedad relativa, para el año 2017 es 68.1 % y 68.8 % para el año 2018. En el mes de junio del 2016 se presentó una humedad mínima para ese año y muy alta en el mes de febrero, en el 2017 la humedad relativa más alta se registró en el mes de marzo y más bajo en el mes de agosto, para el año 2018 los datos más altos de humedad relativa están entre los meses de enero a marzo respectivamente.

Tabla 18. Datos meteorológicos de humedad relativa y radiación solar acumulada (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.

AÑOS	(W/m ²) RADIACION SOLAR ACUMULADA HORARIA			(%) HUMEDAD RELATIVA HORARIA		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
ENERO	301.9	234.60	259.26	59.19	69.73	70.77
FEBRERO	243.5	269.60	250.44	74.75	65.95	75.14
MARZO	310.6	233.16	240.72	64.27	83.57	75.90
ABRIL	243.9	239.10	266.30	64.30	67.89	63.91
MAYO	230.4	221.60	243.37	44.40	53.50	58.38
JUNIO	89.2	239.61		-61.57	68.13	
JULIO	210.6	232.47		45.43	45.36	
AGOSTO	108.0	270.34		39.60	33.70	
SEPTIEMBRE	259.7	259.71		59.10	59.10	
OCTUBRE	316.4	316.38		48.37	48.37	
NOVIEMBRE	319.8	320.47		39.53	49.13	
DICIEMBRE	283.5	283.17		59.47	59.62	
PROMEDIO	243.1	260.0	252.0	44.7	68.1	68.8
TOTAL	3160.4	3380.2	1512.1	581.6	772.2	412.9

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

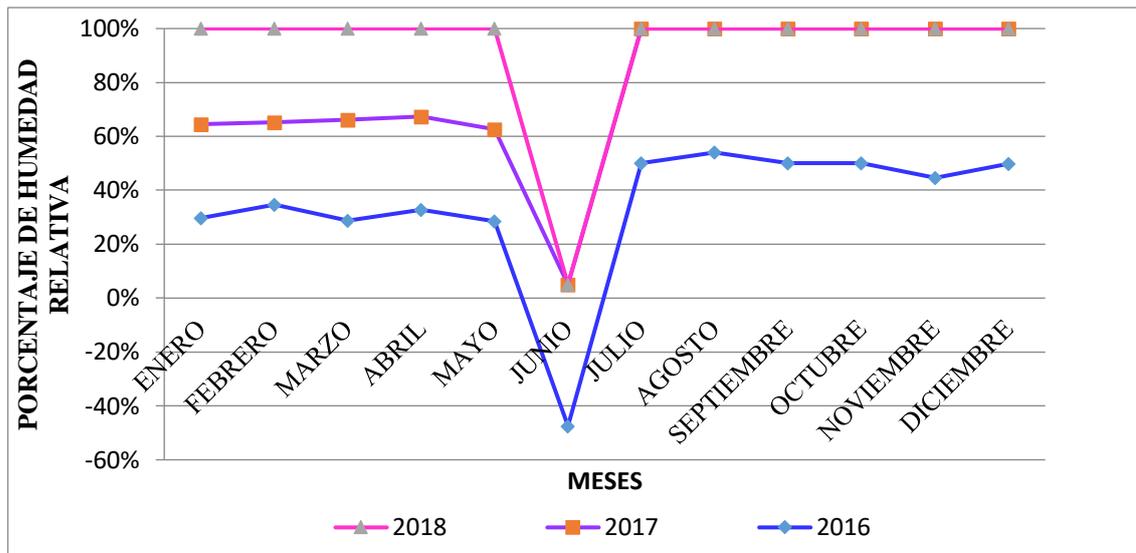
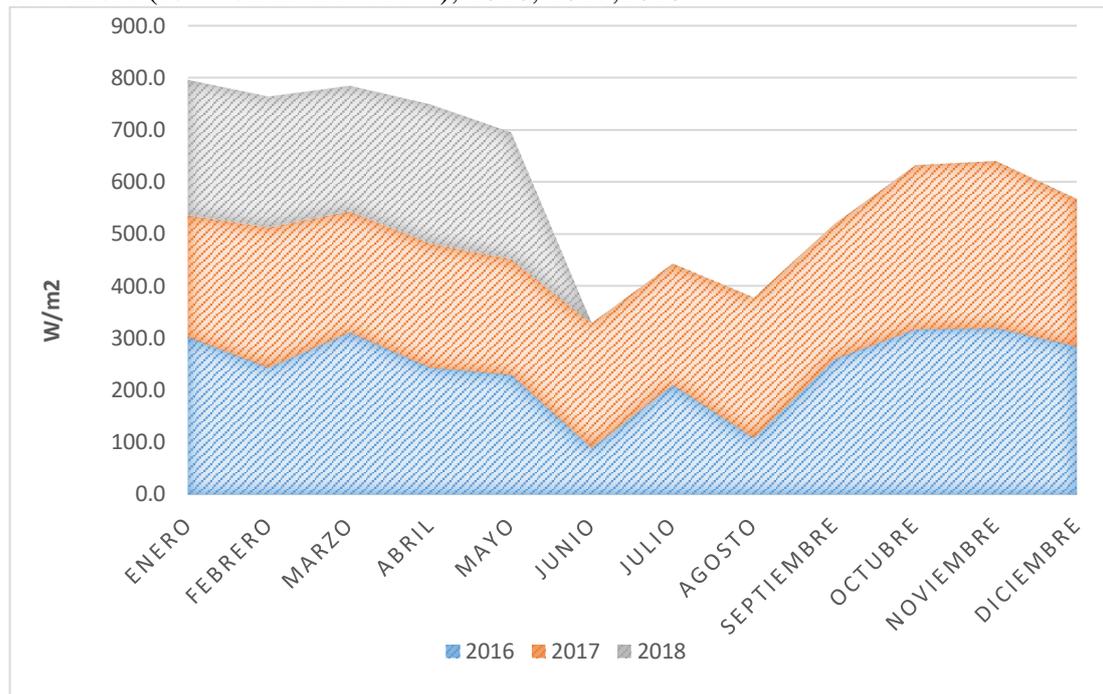


Figura 20. Patrón de humedad relativa horaria promedio, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017,2018.

Estos resultados se corroboran con Galan de Mera y Orellana (2012) las variables meteorológicas influyen en el crecimiento de las cactáceas. Asimismo, podemos relacionar la radiación solar con la luz, a lo que investigaciones recientes sobre la ecología de la germinación del cactus *T. candicans* contemplan aspectos específicos de la respuesta a la luz y la temperatura. También la necesidad de luz para la germinación ha sido reportada por (Ortega-Baes *et al.* 2010) y (Mazzola *et al.*, 2013) indican que la humedad y la temperatura son factores que determinan la germinación de las cactáceas.

Figura 21. Patrón de radiación solar acumulada horaria promedio, datos de enero a diciembre (estación EMA Juliaca), 2016, 2017, 2018



4.3.5. Velocidad de viento y dirección promedio de viento.

Para estos datos la velocidad del viento para el año 2016 en promedio es 1.2 m/s, para el año 2017 es de 0.61m/s y para el año 2018 es 1.9 m/s, como podemos ver en el año 2017 se observa una menor velocidad de viento, registrándose datos en los meses muy bajísimos, en el año 2018 los meses con más velocidad de viento son enero y febrero respectivamente (Tabla 18 y Figura 20).

Tabla 19. Rangos de grados para terminar la dirección del viento a partir del Norte topográfico.

<i>DIRECCION</i>	<i>GRADOS</i>
Norte	0
Este	90
Sur	180
Oeste	270

Fuente: Extraído de (Hippolyte & Mignogna, 2005)

De acuerdo a Tabla 18 para el año 2016 la dirección del viento en el mes de enero, febrero, marzo, abril, mayo, están cercanos a 180 ° esto nos indica que los vientos eran del sur, pero en el mes de junio se ve 85 °, esto indicaría que los vientos eran del norte, respecto a los demás meses fueron también vientos del sur estos desde julio a diciembre.

En el año 2017 se observa para el mes de una dirección de 20.72° esto nos indicaría que los vientos serían del norte, y para los meses restantes serían vientos del sur respectivamente y para el año 2018 los vientos también serían vientos del sur (Tabla 17). La velocidad del viento en los años 2016, 2017, 2018 (Figura 21) tiene velocidades bajas en los meses de marzo y junio del 2016 y 2017. Los promedios para el año 2018 fueron casi homogéneos

Tabla 20. Datos meteorológicos de velocidad de viento y dirección de viento (promedio por mes y año), (enero – diciembre) 2016, 2017, 2018. Juliaca.

<i>(m/s) VELOCIDAD PROMEDIO DE VIENTO HORARIO</i>				<i>DIRECCION PROMEDIO DE VIENTO HORARIO</i>		
<i>AÑOS</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>
<i>ENERO</i>	2.5	2.79	2.20	174.9	20.72	180.86
<i>FEBRERO</i>	2.2	2.24	2.25	176.9	184.24	179.76
<i>MARZO</i>	2.0	-12.99	1.87	187.3	185.81	196.40
<i>ABRIL</i>	2.0	1.79	1.88	192.3	194.79	185.16
<i>MAYO</i>	1.9	1.65	1.51	208.6	210.55	201.74
<i>JUNIO</i>	-10.4	-0.91		85.0	159.22	
<i>JULIO</i>	1.7	1.41		195.8	198.36	
<i>AGOSTO</i>	2.3	2.00		202.0	204.84	
<i>SEPTIEMBRE</i>	2.2	2.15		189.6	189.65	
<i>OCTUBRE</i>	2.5	2.50		188.0	188.05	
<i>NOVIEMBRE</i>	2.7	2.47		187.2	186.61	
<i>DICIEMBRE</i>	2.5	2.45		178.3	188.60	
<i>PROMEDIO</i>	1.2	0.6	1.9	180.5	176.0	188.8
<i>TOTAL</i>	15.3	8.2	11.7	2346.6	2287.4	1132.7

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Se realizó el análisis estadístico de correlación de Pearson no se encontró significancia positiva en relación al índice de distribución de *A. subulata*, a la vez hay factores



ambientales que tienen una correlación negativa (Tabla 19), esto se debe a que el patrón de distribución contagiosa en cactus se ve afectado por los recursos del suelo, es decir factores edafológicos mas no por los factores ambientales directamente.

Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson entre los factores ambientales obtenidos de EMA- SENAMHI – Juliaca con ID de *A. subulata*

<i>Variable (1)</i>	<i>Variable (2)</i>	<i>n</i>	<i>Pearson</i>	<i>p-valor</i>
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(%) HUM RELATIVA HORARIA	4818	-0.09	<0.0001
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(m/s) VELOCIDAD DE VIENTO	4818	0.02	0.2644
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°) DIRECCION PROMEDIO DE VIENTO HORARIO	4818	0.02	0.1004
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(mm) PRECIPITACION ACUMULADA HORARIA	4818	-0.01	0.7140
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(W/m2) RADIACION SOLAR ACUMULADA	4818	0.02	0.2888
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°C) TEMP MAXIMA HORARIA	4818	0.07	<0.0001
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°C) TEMP PROMEDIO HORARIA	4818	0.07	<0.0001
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°C) TEMP MAXIMA DIARIA	4818	0.17	<0.0001
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°C) TEMP MINIMA HORARIA	4818	0.07	<0.0001
INDICE DE DISTRIBUCIÓN	(°C) TEMP MINIMA DIARIA	4818	0.10	<0.0001



V. CONCLUSIONES

La distribución espacial de *Austrocylindropuntia subulata* es totalmente agregada en las tres gradientes altitudinales del cerro Espinal en la ciudad de Juliaca, con índices de dispersión de 1.26, para la gradiente media, 2.24, para ladera, 1.39, Durante los meses de evaluación el patrón de agregación de *Austrocylindropuntia subulata* incrementó en la gradiente altitudinal media en los meses de noviembre , mientras que en los meses siguientes de evaluación, tuvo un índice de dispersión no tan variado, esto se debe a que los cactus como *A. subulata* tienen periodos de vida largos y longevos. Respecto al número de individuos con respecto a las tres gradientes altitudinales según el censo de individuos de *A. subulata* se encontró una densidad promedio de 28.45 individuos/100 m² para la gradiente altitudinal zona media, para la gradiente altitudinal ladera 11.11 individuos/100m², y para zona alta 12.08 individuos/100m². Así mismo se encontró la presencia de esta cactácea hasta altitudes sobre los 3500 m.s.n.m en las tres gradientes altitudinales, contrario a lo que registraron demás autores.

Se identificó 37 especies distribuidas en 09 familias, relacionadas a la asociación con este cactus, se encontró una asociación positiva con especies vegetales como *Viguiera lanceolata*, *Eupatorium sp.*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Senecio rubbedkifolius*, *Muhlenbergia peruviana*, *Calamagrostis curvula*, *Baccharis lanceolata*. La asociación en su mayor porcentaje es 40,5 % para la familia de Asteráceas y 10,8 % para las Poáceas. Respecto a los factores abióticos del hábitat de la cactácea, como humedad y temperatura del suelo son bajísimos para su análisis, pero tienen una correlación significativa con el patrón agregado de *A. subulata*. De los factores ambientales proporcionados por el SENAMHI - EMA de Juliaca, como temperatura máxima diaria, radiación solar aculada diaria, velocidad del viento tienen un coeficiente de correlación de Pearson no significativa, con el patrón de distribución agregado de *A. subulata*,



Sin embargo los factores edafológicos como % de materia orgánica, nitrógeno total, pH (con rangos de 6.53 hasta 7, ligeramente ácido hasta neutro), nutrientes disponibles como el contenido de P y K (son mayores en la gradiente altitudinal media) tienen una correlación significativa cercana a 1 con el patrón agregado de la cactácea, y la conductividad eléctrica (suelo ligeramente salino), y cationes cambiales como Ca, Mg, Na, K tienen una correlación negativa y no significativa por debajo de 1. El pH del suelo para la zona media es ligeramente ácido y para ladera es neutro. Referente a los porcentajes de materia orgánica el porcentaje van en aumento según a la altitud, al respecto a los resultados hallados en este análisis las propiedades edáficas son mayor de importancia e influyen en el crecimiento de este cactus



VI. RECOMENDACIONES

Repetir el presente trabajo en las diferentes zonas de puno con otras especies de cactus.

Aplicar métodos para la conservación in situ de esta especie ya que la zona de estudio es un sitio arqueológico declarado por el INC.

Realizar un estudio de biogeografía de esta especie en la Región Sur del país, ya que revisando a autores no es el único lugar donde se desarrolla esta especie.

Concientizar a la población que esta especie tiene utilidad y valor ecológico, en nuestra ciudad.

Realizar estudios de etnobotánica en la región con prioridad a los cactus

A las autoridades locales y regionales crear programas de conservación y aprovechamiento de recursos de manera sostenible, a través de reglamentos, decretos y ordenanzas municipales



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almirón, M., & Martínez Carretero, E. (2010). *Echinopsis leucantha* (Gillies Ex Salm-Dyck) Walp. (Cactoideae). Interacciones con plantas nodrizas en el desierto central argentino. *Instituto Argentino de Investigaciones de Las Zonas Áridas*, 19, 77–87. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42818826017>
- Anderson, E. F. (2001). *The Cactus Family* (Timber Pre).
- Apaza, H. (2011). *Agonia del cerro Espinal*. <http://juliaca-hugo.blogspot.com/2011/04/agonia-del-cerro-espinal.html>
- Arakaki, M., Christin, P.-A., Nyffeler, R., Lendel, A., Eggli, U., Ogburn, R. M., Spriggs, E., Moore, M. J., & Edwards, E. J. (2011). Contemporaneous and recent radiations of the world's major succulent plant lineages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8379–8384.
- Arakaki, M., Ostolaza, C., Cáceres, F., & Roque, J. (2013). Cactaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 669–677. <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i2.1821>
- Avendaño Calvo, T. de J. (2007). *Dinámica poblacional de Mammillaria supertexta Mart. ex Pfeiff. en el valle de Cuicatlán, Oaxaca, México*.
- Barcala, E., & Calvo, J. (1994). *Ecología General* (EDITUM (ed.); Volumen I).
- Barthlott, W., & Hunt, D. R. (1993). Cactaceae. In *Flowering Plants · Dicotyledons*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-02899-5_17
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1995). *Ecología, Individuos, Poblaciones Y Comunidades*. Ediciones Omega.
- Briones, O., Montana, C., & Ezcurra, E. (1996). Competition between three Chihuahuan desert species: evidence from plant size-distance relations and root distribution. *Journal of Vegetation Science*, 7, 453–460.
- Buxb, H. A. W. F., Áreas, E. N., Prieto, A. S., Alejandro, L., González, S., & Cornejo, P. (2001). Aspectos ecológicos de una población del cactus columnar *Stenocereus griseus* (Haw) F. Buxb en áreas xerofíticas de Cerro Colorado, estado Sucre, Venezuela. *Boletín Del Centro de Investigaciones Biológicas*, 2, 108–123.



- Cáceres Huamani, F., Poma, I., & Raimondo, F. M. (2005). Caracterización de *Neoraimondia arequipensis* (Meyen) Backeb. y su distribución, ecología, propiedades y usos en la región de Arequipa (Perú). *Quaderni Di Botanica Ambientale e Applicata*, 16(April 2014), 243–248.
- Calderon, N. (2003). *Estudio taxonómico del género Haageocereus (Familia Cactaceae) en el Departamento de Lima*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Canales, G. A. (2004). *Ecología Teoría - Practica* (Ediciones Graficas (ed.); Primera Ed).
- Cares, R. A., Muñoz, P. A., Medel, R., & Botto-Mahan, C. (2013). Factors affecting cactus recruitment in semiarid Chile: A role for nurse effects? *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(5–6), 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.04.005>
- Castro-Cepero, V., Eyzaguirre-Pérez, R., & Ceroni-Stuva, A. (2006). SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Haageocereus pseudomelanostele* subsp. *aureispinus* (Rauh & Backeberg) Ostolaza, EN CONDICIONES EXPERIMENTALES. CERRO UMARCATA, VALLE DEL RÍO CHILLÓN, LIMA. *Ecología Aplicada*, 5(1–2), 61. <https://doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.318>
- Ceroni Stuva, A., & Castro Cepero, V. (2013). Manual de Cactus. In F. R. Nuñez Neyra & H. Gutierrez Peralta (Eds.), *MI* (Vol. 1).
- Ceroni Stuva, A., Castro Cepero, V., Teixeira Roth, V., & Redolfi Pivatto, I. (2007). *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae): EJE DE LAS INTERACCIONES EN ECOSISTEMAS ÁRIDOS. *Ecología Aplicada*, 6(1–2), 155. <https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.352>
- Ceroni Stuva, A., Moya Méndez, N., & Castro Cepero, V. (2006). Taxonomía, Ecología y Conservación Ex Situ de las Cactáceas de Lima. *Zonas Aridas*, 10, 115–128.
- Cody, M. L. (1993). Do cholla cacti (opuntia spp., subgenus cylindropuntia) use or need nurse plants in the mojave desert? *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1006/jare.1993.1013>
- Condori, R. E., & Vilca, C. D. (1995a). *Botánica Sistemática II Fanerógamas* (Editorial UNA- Puno (ed.); 1ra Edició).



- Condori, R. E., & Vilca, C. D. (1995b). *Botánica Sistemática II Fanerógamas* (Editorial UNA-PUNO (ed.); 1ra Edició).
- Cuadrado, S. S., & Graciela, A. (2006). *Morfología del polen de géneros argentinos de Cactaceae, subfamilia Opuntioideae*.
- De Viana, M. L. (1997). Distribución espacial de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) en relación al espacio disponible y al banco de semillas. *Revista de Biología Tropical*, 44(3), 95–103.
- Del Carmen Mandujano, M., Montana, C., Mendez, I., & Golubov, J. (1998a). The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology*, 86(6), 911–921. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00308.x>
- Del Carmen Mandujano, M., Montana, C., Mendez, I., & Golubov, J. (1998b). The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology*, 86(6), 911–921. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00308.x>
- Domingo, F., Escodin, G., Gasso, D., Martínez, M., Enríquez, C., Badosa, J., Salvo, J. L., Vinyales, J., Del Rey, T., Virseda, S. M., Aguirre, O. J. M., & Fernández, A. J. (2012). *Diccionario Enciclopédico Universal* (Editorial Cultural S. A. (ed.); MMXIII Edi).
- Drezner, T.D. (2006). Plant facilitation in extreme environments: The non-random distribution of saguaro cacti (*Carnegiea gigantea*) under their nurse associates and the relationship to nurse architecture. *Journal of Arid Environments*, 65(1), 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.027>
- Drezner, Taly Dawn, & Lazarus, B. L. (2008). The Population Dynamics of Columnar and Other Cacti: A Review. *Geography Compass*. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2007.00083.x>
- Dubrovsky, J. G. (1998). Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Bot. Soc*, 125, 33-39.
- Durán García, R., & Méndez Gonzalez, M. E. (2010). Cactáceas. *Biodiversidad y Desarrollo Humano En Yucatán.*, 191–192.



- Emmel, T. C. (1975). *Ecología y biología de poblaciones* (Nueva Editorial Interamericana S. A. (ed.)).
- Fernandes, J., Silva, S. M., Mateus, R., & Teixeira, E. R. (2019). Analysis of the Thermal Performance and Comfort Conditions of Vernacular Rammed Earth Architecture From Southern Portugal. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering* (Vol. 2, Issue 2, pp. 1–12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11460-2>
- Flores, G. J. A., & Macías, C. G. V. (2008). Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. *CIENCIA-UANL*, 11(1), 5–11.
- Franco, A. C., & Nobel, P. S. (1989). Effect of Nurse Plants on the Microhabitat and Growth of Cacti. *The Journal of Ecology*, 77(3), 870. <https://doi.org/10.2307/2260991>
- Franco, A. C., & Nobel, P. S. (2006). Effect of Nurse Plants on the Microhabitat and Growth of Cacti. *The Journal of Ecology*, 77(3), 870. <https://doi.org/10.2307/2260991>
- Franco, A., & Nobel, P. (1989). Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *J. Ecol*, 77, 870–886.
- French, D. D., Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1989). Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. *The Journal of Applied Ecology*, 26(3), 1099. <https://doi.org/10.2307/2403729>
- Galan de Mera, A., & Vicente Orellana, J. A. (2012). Patrones de distribución de las comunidades de cactáceas en las vertientes occidentales de los andes peruanos. *Botanica - Fitogeografía*, 34(2), 257–275.
- Galán de Mera, A., Vicente Orellana, J. A., Linares Perea, E., Campos de la Cruz, J., Trujillo Vera, C., & Villasante Benavides, F. (2012). Patrones De Distribución De Las Comunidades De Cactáceas En Las Vertientes Occidentales De Los Andes Peruanos Distribution patterns of cactus communities in the occidental slopes of the Peruvian Andes Botánica-fitoGeoGrAfía. *Caldasia*, 34(2), 257–275. <http://www.icn.unal.edu.co/>
- Galindo, C., & Cárdenas, L. (2012). ¿Qué es un ecosistema? *México*.



- García Naranjo Ortiz de la H, A., & Mandujano, M. del C. (2010). Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas , México. *Cáctaceas y Suculentas Mexicanas*, 55(May), 36–55.
- Godínez-Alvarez, H., Valverde, T., & Ortega-Baes, P. (1949). Natural hybridization with particular reference to introgression. *The Botanical Review*, 15(10), 645–687. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2003\)069](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2003)069)
- Godínez-Álvarez, H., Valverde, T., & Ortega-Baes, P. (2003). Demographic Trends in the Cactaceae. In *Botanical Review*. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2003\)069\[0173:DTITC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2003)069[0173:DTITC]2.0.CO;2)
- Godínez-Alvarez, H., & Valiente-Banuet, A. (1998). Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments*, 39(1), 21–31. <https://doi.org/10.1006/jare.1998.0376>
- Golubov, J., Mandujano, M. C., & Montaña, C. (2000). Cactáceas asociadas a pastizales de *Hilaria mutica* (Buckl.) Benth. en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. *Cáctaceas y Suculentas Mexicanas*, XLV(4), 84–89.
- Gurvich, D. E. (2010). Registro de herbivoría de guanaco, *Lama guanicoe*, sobre *Tephrocactus alexanderi* (Cactaceae, Opuntioideae) en el Parque Provincial Ischigualasto (Prov. San Juan, Argentina). *Boletín de La Sociedad Latinoamericana y Del Caribe de Cáctaceas y Otras Suculentas*, 7(3), 7–9.
- Hernández-Cruz, E. J., & Hernández-Zamora, E. C. (2019). Diversidad. *Ciencia Huasteca Boletín Científico de La Escuela Superior de Huejutla*, 7(13), 25–27. <https://doi.org/10.29057/esh.v7i13.3536>
- Hippolyte, N., & Mignogna, E. (2005). El viento. *Chasqui*, 34(2), 223. <https://doi.org/10.2307/29742019>
- Huelgas Marroquín, P., & Val de Gortari, E. (2010). *La historia de las plantas nodriza, una madrastra como nunca la habías visto*. Saber Mas.
- Huisa Balcon, D. X. (2015). Asociación Nodriza-Protegida , Diámetro y Altura de Cactáceas en Relación a la Altitud , en la Quebrada Huaje de la Ciudad de Puno , Perú. *Revista Investigacion Altoandina*, 17, 387–394.



- Hunt, D. R. (1999). *Cites Cactaceae Checklist* (Royal Botanic Gardens (ed.)).
- Just, T., & Wettstein, R. (1933). Handbuch Der Systematischen Botanik. *American Midland Naturalist*, 14(4), 384. <https://doi.org/10.2307/2420264>
- Kent, M., & Coker, P. (1992). *Vegetation description & Analysis: a practical approach* (Belhaven P).
- Kiesling, R. (2009). Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. *Smithsonian*, 6(1 enero), 1–38.
- Koleff, P., & Soberón, J. (2008). Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. *Comprobar Fecha*, 1–41.
- Lara, E., Treviño-Carreón, J., Estrada, B., Poot, W., Vargas-Tristán, V., & Ballesteros-Barrera, C. (2016). Determinación de las especies nodriza de *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm. (cactaceae) en Miquihuana, Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Agroecosistemas*, 3(2), 184–194.
- Larios Ulloa, M., Vinicius Meiado, M., Loza Cornejo, S., & Da Conceição Santos, K. (2019). Morfometría y patrones de distribución de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* (Cactaceae), en dos ecosistemas contrastantes brasileños. *Acta Botanica Mexicana*, 126. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1492>
- Larrea-Alcázar, D. M., & Soriano, P. J. (2008). Columnar cacti-shrub relationships in an Andean semiarid valley in western Venezuela. *Plant Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9344-3>
- Leirana-Alcocer, J., & Parra-Tabla, V. (1999). Factors affecting the distribution, abundance and seedling survival of *Mammillaria gaumeri*, an endemic cactus of coastal Yucatán, México. *Journal of Arid Environments*, 41(4), 421–428. <https://doi.org/10.1006/jare.1998.0490>
- Leyva, O., Rodríguez, L., Mastrapa, E., Fernández, A. J., Carmenate, W., & González, P. A. (2005). El Cactus Enano de Holguín (*Escobaria cubensis*). In *Memorias del Taller Conservación de Cactus Cubanos*.
- Linzaga Román, B., Ángeles Pérez, G., Catalán Heverástico, C., & Hernández de la Rosa, P. (2011). Estructura espacial de *Pachycereus weberi* (Coul.) En la cañada del Zopilote, Guerrero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*,



- 17(2), 189–198. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.039>
- López, R. P., & Valdivia, S. (2007). The importance of shrub cover for four cactus species differing in growth form in an Andean semi-desert. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02537.x>
- López, R. P., Valdivia, S., Sanjinés, N., & de la Quintana, D. (2007). The role of nurse plants in the establishment of shrub seedlings in the semi-arid subtropical Andes. *Oecologia*, 152(4), 779–790. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0698-y>
- LOS ANDES. (2013). *Cerro Espinal de Juliaca desaparece por culpa de depredadores*. Diario Los Andes. <http://www.losandes.com.pe/oweb/Sociedad/20130330/70087.html>
- Louw, G. N., & Seely, M. K. (1982). Ecology of desert organisms. *Ecology of Desert Organisms*. <https://doi.org/10.2307/4611>
- Luna Olvera, A., Espino Armendáriz, M., Luna Martínez, L., & Pacheco Aguilar, J. (2012). Caracterización de suelos en una localidad tipo que alberga cactáceas priotarias para su conservación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 672–678.
- Maas, P. J. M., Westra, L. Y. T., & Farjon, A. (1998). *Familias de Plantas Neo Tropicales*.
- Mandujano, M. C., Flores-Martinez, A., Golubov, J., & Ezcurra, E. (2002). Spatial Distribution of Three Globose Cacti in Relation to Different Nurse-Plant Canopies and Bare Areas. *The Southwestern Naturalist*, 47(2), 162. <https://doi.org/10.2307/3672902>
- Martínez-Berdeja, A., & Valverde, T. (2008). Growth response of three globose cacti to radiation and soil moisture: An experimental test of the mechanism behind the nurse effect. *Journal of Arid Environments*, 72(10), 1766–1774. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.04.010>
- Martínez-Peralta, C., & Mandujano, M. (2009). Saqueo en poblaciones naturales de *Ariocarpus*: el caso de *A. agavoides*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 54(2), 1–4.
- Mazzola, M. B., Cenizo, V. J., & Kin, A. G. (2013). Factores que afectan la germinación



- de *Trichocereus candicans* (cactaceae). *Boletín Sociedad Argentina Botánica*, 48, 515–523.
- Méndez, E. (2011). Efecto de la temperatura y la luz sobre la germinación de semillas de *Trichocereus candicans* y *Trichocereus strigosus*. *Boletín de La Sociedad Latinoamericana y Del Caribe de Cactáceas y Otras Suculentas*, 8, 16–19.
- MINAM. (2010). *Guía de Evaluación de flora Silvestre* (Ministerio del Ambiente (ed.)).
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación* (Ministerio del Ambiente (ed.); Primera ed). Dirección General de Evaluación Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- Municipalidad Provincial de San Róman. (2016). *Historia: Juliaca*. <http://munisanroman.gob.pe/>
- Muro-Pérez, G., Jurado, E., Flores, J., Sánchez-Salas, J., García-Pérez, J., & Estrada, E. (2012). Positive effects of native shrubs on three specially protected cacti species in Durango, México. *Plant Species Biology*, 27(1), 53–58. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2011.00331.x>
- Nanami, S., Kawaguchi, H., & Yamakura, T. (1999). Dioecy-induced spatial patterns of two codominant tree species, *Podocarpus nagi* and *Neolitsea aciculata*. *Journal of Ecology*, 87, 678–687.
- Naranjo, G., De, O., Alejandra, H., & María, M. (2010). Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cáctaceas y Suculentas Mexicanas*, 55(June 2010), 36–55.
- Niering, W. A., Whittaker, R. H., & Lowe, C. H. (1963). The Saguaro: A Population in Relation to Environment. *Science*, 142(3588), 15–23. <https://doi.org/10.1126/science.142.3588.15>
- Nobel, P. S., Geller, G. N., Kee, S. C., & Zimmerman, A. D. (1986). Temperatures and thermal tolerances for cacti exposed to high temperatures near the soil surface. *Plant, Cell and Environment*, 9(4), 279–287. <https://doi.org/10.1111/1365-3040.ep11611688>
- Nova Muñoz, E. (2010). *Estructura poblacional y dinámica de plántulas del cactus columnar Neobuxbaumia mezcalaensis (bravo) Backeberg en la cañada del*



- Zopilote, Guerrero*. Colegio de Postgraduados.
- Odum, E. P. (1986). *Fundamentos de Ecología* (Primera Ed). Nueva Editorial Interamericana S.A.
- Ortega-Baes, P., Aparicio-González, G., Galíndez, G., Fueyo, P. Del, Suhring, S., & Rojas-Aréchiga, M. (2010). Are cactus growth forms related to germination responses to light A test using Echinopsis species. *Acta Oecol*, 36, 339–342.
- Ortega-Baes, Pablo, & Godínez-Alvarez, H. (2006). Global diversity and conservation priorities in the cactaceae. *Biodiversity and Conservation*, 15(3), 817–827. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-1461-x>
- Ortega-Baes, Pablo, Godínez-Alvarez, H., Sajama, J., Gorostiague, P., Sühring, S., Galíndez, G., Bravo, S., López-Spahr, D., Alonso-Pedano, M., Lindow-López, L., Barrionuevo, A., Sosa, C., Curti, R. N., & Juárez, A. (2015). La familia cactaceae en argentina: Patrones de diversidad y prioridades políticas para su conservación. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 50(1), 71–78.
- Ostolaza, C. (2014). Todos los cactus del Perú. In EDITORIAL FRANCO EIRL (Ed.), *Minam* (Vol. 1).
- Ostolaza Nano, C. (2011). 101 CACTUS del Perú. In Ministerio del Ambiente (Ed.), *Minam* (Ministerio, Vol. 1).
- Peñaranda, S. G. (1999). *Distribución geográfica de las cactáceas en el sur del departamento de Puno, Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Peters, E. M., Martorell, C., & Ezcurra, E. (2008). Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (Mammillaria) in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.10.004>
- Peters, E., & Martorell, C. (2001). *Conocimiento y conservación de las Mammillarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* (Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R166 (ed.)).
- Pielou, E. C. (1977). *An introduction to mathematical ecology* (Wiley-Interscience (ed.); EE. UU.).



- Piñero, D. (1976). La distribución de las plantas en el espacio y su importancia en los estudios de ecología vegetal. *Biología. Consejo Nacional Para La Enseñanza de La Biología*, 6, 19–24.
- Pizarro Neyra, J. (2014). *Cactáceas de Tacna* (J. G. C. Pizarro Neyra (ed.); Primera ed, Issue octubre). GRAFICOM E.I.R.L.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33326/26176033.1997.5.100>
- Pott, R. (2011). Phytosociology: A modern geobotanical method. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 145(sup1), 9–18.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2011.602740>
- Puccio, P. (2003). *Monaco Nature Encyclopedia: Austrocylindropuntia subulata*. Discover the Biodiversity.
- Ramírez-Bullón, N., Ceroni-Stuva, A., & Castro-Cepero, V. (2014). Fenología de cuatro especies de cactáceas del cerro Umarcata. Valle del Río Chillón. Canta-Lima. Perú. *Ecología Aplicada*, 13(1–2), 177. <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.468>
- Ramírez Collantes, D. A. (2011). Los objetos nodriza como refugio y fuente de nutrientes: reflexiones sobre el establecimiento y restauración de cactáceas en zonas áridas de la Vertiente Occidental de los Andes. *Ecología Aplicada*, 10(1–2), 83. <https://doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.416>
- Ramos López, A. L. (2007). *Estudio poblacional de Mammillaria dixanthocentron Backeb. ex Mottram en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca*. Instituto Politecnico Nacional.
- Ricklefs, R. E. (2000). *The Economy of Nature* (Freeman, W). 5th edición.
- Ritz, C. M., Reiker, J., Charles, G., Hoxey, P., Hunt, D., Lowry, M., Stuppy, W., & Taylor, N. (2012). Molecular phylogeny and character evolution in terete-stemmed Andean opuntias (Cactaceae-Opuntioideae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65(2), 668–681. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.07.027>
- Rodríguez, C. A., & Daza, O. H. (1995). Preparación de Suelos. *Centro De Investigación De La Caña De Azúcar De Colombia - Cenicaña*.
- Rojas-Aréchiga, M., Vázquez-Yanes, C., & Orozco-Segovia, A. (1998). Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms, an ecophysiological



- interpretation. *Plant Ecology*, 135, 207–214.
- Rosas Barrera, M. D., & Mandujano Sánchez, M. C. (2002). La diversidad de historias de vida de cactáceas , aproximación por el triángulo demográfico. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 47(January), 33–41.
- Schulze, R. J. P. (2004). *Elaboración de una guía ilustrada de Cactáceas en Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
- SENAMHI. (2017). *Tiempo / Pronóstico del Tiempo*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=21&localidad=0020>
- SENAMHI. (2018). Monitoreo y pronóstico del clima. In *Boletín Climático Nacional: Vol. julio* (No. 1).
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Asociaciones vegetales*.
- Suzán-Azpíri, H., Malda, G., Caiceros, A., Sánchez, A., Guevara, A., & García, O. (2011). Spatial analysis for management and conservation of cactaceae and agavaceae species in central Mexico. *Procedia Environmental Sciences*, 7, 329–334.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.07.057>
- Suzán-Azpíri, H., & Sosa, V. J. (2006). Comparative performance of the giant cardon cactus (*Pachycereus pringlei*) seedlings under two leguminous nurse plant species. *Journal of Arid Environments*, 65(3), 351–362.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.08.002>
- Teixeira Roth, V., Castro Cepero, V., Ceroni Stuva, A., & Eyzaguirre Pérez, R. (2004). Diversidad y densidad de la comunidad de cactáceas en el cerro Umarcata y quebrada Orobél en el valle del río Chillón (Lima) y su relación con los factores edáficos. *Ecología Aplicada*, 3(1726–2216), 1–7.
- Terraza Jimenez, G. G. (2015). Diversidad y abundancia de la familia Cactaceae en el cerro espinal de la ciudad de Juliaca, Perú. *Bio Sciences*, 1(2), 10–17.
- Valencia Diaz, S., Flores Palacios, A., & Castillo Campos, G. (2012). Tamaño poblacional y características del hábitat de *Mammillaria eriacantha*, una cactácea endémica del centro e Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 90(2), 195–202.
- Valiente-Banuet, A., Bolongaro-Crevenna, A., Briones, O., Ezcurra, E., Rosas, M.,



- Nunez, H., Barnard, G., & Vazquez, E. (1991). Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 2(1), 15–20. <https://doi.org/10.2307/3235893>
- Valiente-Banuet, A., Bolongaro-Crevenna, A., Briones, O., Ezcurra, E., Rosas, M., Nunez, H., Barnard, G., & Vazquez, E. (2006). Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *Journal of Vegetation Science*. <https://doi.org/10.2307/3235893>
- Valiente-Banuet, Alfonso, & Ezcurra, E. (1991a). Shade as a Cause of the Association Between the Cactus *Neobuxbaumia Tetetzo* and the Nurse Plant *Mimosa Luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *The Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.2307/2261091>
- Valiente-Banuet, Alfonso, & Ezcurra, E. (1991b). Shade as a Cause of the Association Between the Cactus *Neobuxbaumia Tetetzo* and the Nurse Plant *Mimosa Luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *The Journal of Ecology*, 79(4), 961. <https://doi.org/10.2307/2261091>
- Weberbauer, A. (1945). *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitogeográfico* (Estación Experimental Agrícola de la Molina (ed.); 2da Edició).
- Zea Olivera, Z. (2010). *El cerro Espinal de Juliaca se extingue paulatinamente*. Los Andes. <http://www.losandes.com.pe/oweb/Sociedad/20101214/44384.html>
- Zenteno Ruíz, F. S., López, R. P., & Larrea Alcázar, D. M. (2009). Patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* (Heese) A. Berger (Cactaceae) en un semidesierto de los Andes subtropicales, la prepuna. *Ecología En Bolivia*, 44, 99–108.
- Zepeda, V., Golubov, J., & Mandujano, M. C. (2017). Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). *Acta Botanica Mexicana*, 119, 35. <https://doi.org/10.21829/abm119.2017.1230>

ANEXOS

Tabla 22. Registros de campo: número de individuos en 100 m (ind/m²) de *Austrocyliodropuntia subulata* (normalizados para determinar el ID), en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de noviembre y diciembre del 2017 y enero del 2018

N°	NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO		
	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L
1	3.5	3.5	0.0	5.39	5.18	3.16	1.7	7.1	4.6
2	1.0	0.0	0.0	3.46	0.00	1.73	0.0	7.0	2.6
3	0.0	4.4	2.0	0.00	0.00	5.92	4.8	2.2	1.4
4	3.5	8.1	4.9	1.41	5.18	3.87	0.0	6.4	6.4
5	2.8	3.6	3.6	1.00	2.65	3.00	2.5	3.4	2.4
6	2.2	7.1	0.0	1.41	4.90	4.58	4.8	1.2	0.0
7	4.0	4.7	0.0	2.24	3.00	2.83	3.0	5.5	2.8
8	0.0	3.5	1.0	0.00	5.26	0.00	3.5	5.8	0.0
9	0.0	6.3	1.7	2.45	0.00	3.00	2.2	8.5	4.7
10	4.2	7.8	3.9	2.65	5.91	0.00	0.0	5.8	2.4
11	4.9	0.0	0.0	2.00	3.72	0.00	1.0	4.1	1.9
12	2.2	7.9	2.8	1.00	5.84	2.83	3.2	5.2	2.1
13	6.5	0.0	4.8	2.45	3.00	3.16	1.0	0.0	2.3
14	1.7	1.4	4.6	2.24	0.00	5.83	0.0	0.0	0.0
15	6.8	9.9	4.2	1.41	0.00	5.00	3.3	5.2	2.4
16	2.0	9.4	3.6	1.41	9.38	4.00	4.8	5.8	0.0
17	2.2	2.6	2.2	2.45	0.00	3.87	0.0	3.0	2.1
18	0.0	0.0	7.5	1.41	5.48	5.00	0.0	0.0	0.0
19	3.5	8.9	3.3	1.41	7.48	3.00	4.5	0.0	4.5
20	1.7	8.1	3.9	0.00	0.00	3.16	0.0	3.2	1.0
21	1.0	0.0	1.7	2.65	10.58	4.24	0.0	0.0	5.0
22	0.0	0.0	5.8	2.24	8.19	2.45	1.7	0.0	0.0
23	2.2	0.0	1.0	2.00	3.87	2.65	2.4	3.3	5.7
24	3.9	4.1	0.0	2.45	8.89	2.83	3.5	0.0	5.2
25	3.5	5.0	7.5	3.16	0.00	3.32	1.4	6.6	1.4
26	0.0	8.1	1.0	2.00	8.25	1.41	1.0	8.2	0.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Registros de campo: número de individuos en 100 m (ind/m²) de *Austrocyliodropuntia subulata* (normalizados para determinar el ID), en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de febrero, marzo, abril, mayo del 2018.

N°	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L
1	4.24	5.66	2.00	0.00	4.90	0.71	5.00	5.74	3.46	4.95	6.63	3.46
2	1.00	1.00	0.00	2.83	3.00	2.23	3.00	7.42	0.00	3.54	6.89	1.00
3	2.83	1.00	0.00	4.80	5.26	2.74	3.32	3.46	3.32	2.00	9.19	0.00
4	2.45	9.27	0.00	4.58	0.00	4.90	4.00	7.87	4.24	3.24	6.89	3.46
5	3.46	1.73	4.12	4.24	5.91	2.24	3.00	4.36	5.57	2.45	0.00	2.83
6	4.12	5.10	5.74	3.61	3.72	6.48	4.69	7.35	1.73	3.16	6.22	2.24
7	3.46	7.75	3.00	2.24	5.84	1.73	3.61	6.40	3.61	7.78	5.29	4.00
8	3.16	1.00	3.32	7.48	3.00	6.78	1.73	3.16	3.00	0.00	2.91	0.00
9	4.47	2.00	3.00	3.32	0.00	2.00	5.57	9.49	1.73	8.57	3.61	0.00
10	4.80	6.32	1.73	3.87	0.00	2.24	3.16	5.00	0.00	1.00	5.74	4.24
11	6.71	8.54	3.46	1.73	9.38	0.00	3.87	5.00	3.16	5.44	8.77	4.90
12	3.74	2.24	3.16	5.83	1.73	3.46	3.32	4.00	3.87	0.00	1.41	2.24
13	6.40	3.46	2.45	1.00	7.75	1.73	2.45	3.16	2.45	4.12	3.08	6.48
14	6.71	3.87	3.32	0.00	0.00	1.00	4.12	5.00	3.61	8.83	2.83	1.73
15	1.73	3.87	2.65	7.48	6.16	0.00	3.87	1.73	1.41	4.47	3.54	6.78
16	7.00	6.16	3.46	0.00	1.00	2.24	3.61	1.41	5.57	2.24	0.00	0.00
17	4.69	7.42	5.10	3.61	9.95	3.87	2.83	9.43	3.16	4.12	7.78	2.24
18	0.00	1.00	6.78	0.00	4.80	3.46	4.58	7.62	3.00	3.32	0.00	0.00
19	3.87	1.73	5.00	4.47	3.32	0.00	3.00	7.87	1.00	3.87	8.06	3.46
20	3.32	7.75	2.24	0.00	5.25	0.00	1.73	0.00	0.00	1.73	8.57	2.00
21	2.45	4.80	5.39	5.92	5.74	3.68	0.00	5.00	3.16	3.87	1.00	4.36
22	7.07	6.16	3.16	0.00	6.24	3.00	1.41	3.46	3.00	0.00	5.44	0.00
23	2.00	1.00	1.00	5.10	4.36	0.00	3.16	0.00	4.90	4.58	0.00	2.24
24	2.45	0.00	3.32	4.36	8.12	4.24	3.00	8.72	3.32	0.00	4.12	3.87
25	3.61	9.22	6.71	4.69	0.00	4.95	1.00	0.00	3.16	6.08	8.83	4.69
26	3.32	1.00	0.00	1.73	8.06	0.00	5.00	8.12	2.65	0.00	4.47	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Registro de campo: número de individuos por cien metros cuadrados (ind/100m²) de *Austrocylindropuntia subulata*, en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de noviembre y diciembre del 2017 y enero del 2018.

N°	NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO		
	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L
1	12	12	0	29	27	10	3	51	21
2	1	0	0	12	0	3	0	50	7
3	0	19	4	0	0	35	23	5	2
4	12	66	24	2	27	15	0	41	41
5	8	13	13	1	7	9	6	12	6
6	5	50	0	2	24	21	23	1	0
7	16	22	0	5	9	8	9	30	8
8	0	13	1	0	28	0	12	34	0
9	0	40	3	6	0	9	5	72	22
10	18	61	15	7	35	0	0	34	6
11	24	0	0	4	14	0	1	17	4
12	5	63	8	1	34	8	10	27	5
13	42	0	23	6	9	10	1	0	6
14	3	2	21	5	0	34	0	0	0
15	46	98	18	2	0	25	11	27	6
16	4	88	13	2	88	16	23	34	0
17	5	7	5	6	0	15	0	9	5
18	0	0	56	2	30	25	0	0	0
19	12	79	11	2	56	9	20	0	20
20	3	65	15	0	0	10	0	10	1
21	1	0	3	7	112	18	0	0	25
22	0	0	34	5	67	6	3	0	0
23	5	0	1	4	15	7	6	11	32
24	15	17	0	6	79	8	12	0	27
25	12	25	56	10	0	11	2	44	2
26	0	65	1	4	68	2	1	67	0

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 25. Registro de campo: número de individuos por cien metros cuadrados (ind/100m²) de *Austrocylindropuntia subulata*, en el cerro Espinal de Juliaca, Puno (ZA: zona alta, ZM: zona media, L: ladera) en los meses de febrero a mayo del 2018.

N°	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L	ZA	ZM	L
1	18	32	4	0	24	1	25	33	12	25	44	12
2	1	1	0	8	9	5	9	55	0	13	48	1
3	8	1	0	23	28	7	11	12	11	4	85	0
4	6	86	0	21	0	24	16	62	18	10	48	12
5	12	3	17	18	35	5	9	19	31	6	0	8
6	17	26	33	13	14	42	22	54	3	10	39	5
7	12	60	9	5	34	3	13	41	13	61	28	16
8	10	1	11	56	9	46	3	10	9	0	8	0
9	20	4	9	11	0	4	31	90	3	73	13	0
10	23	40	3	15	0	5	10	25	0	1	33	18
11	45	73	12	3	88	0	15	25	10	30	77	24
12	14	5	10	34	3	12	11	16	15	0	2	5
13	41	12	6	1	60	3	6	10	6	17	10	42
14	45	15	11	0	0	1	17	25	13	78	8	3
15	3	15	7	56	38	0	15	3	2	20	13	46
16	49	38	12	0	1	5	13	2	31	5	0	0
17	22	55	26	13	99	15	8	89	10	17	61	5
18	0	1	46	0	23	12	21	58	9	11	0	0
19	15	3	25	20	11	0	9	62	1	15	65	12
20	11	60	5	0	28	0	3	0	0	3	73	4
21	6	23	29	35	33	14	0	25	10	15	1	19
22	50	38	10	0	39	9	2	12	9	0	30	0
23	4	1	1	26	19	0	10	0	24	21	0	5
24	6	0	11	19	66	18	9	76	11	0	17	15
25	13	85	45	22	0	25	1	0	10	37	78	22
26	11	1	0	3	65	0	25	66	7	0	20	0

Fuente: Elaboracion propia

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 22. Vista de panorámica del ámbito de estudio donde se puede observar la extracción de lastre (Cantera) como se encuentra el cerro Espinal



Figura 23. Se puede observar la venta de espinas en Semana Santa en el Cerro Espinal.



Figura 24. Bosque de la cactácea en estudio.



Figura 25. Cerro Espinal declarado como Patrimonio Cultural de la Nación, protegido con Ley N° 28236



Figura 26. Análisis de la composición del suelo de la zona de estudio, en el laboratorio de suelos, INIA- Salcedo - 2018



Figura 27. Especie identificada *Acanthoxanthium spinosum*



Figura 28. Especie identificada *Muhlenbergia peruviana*



Figura 29. Especie identificada *Stipa obtusa*



Figura 30. Especie identificada *Baccharis tricuneata*



Figura 31. Especie identificada *Festuca dolichophylla* y *Sunchus asper*.

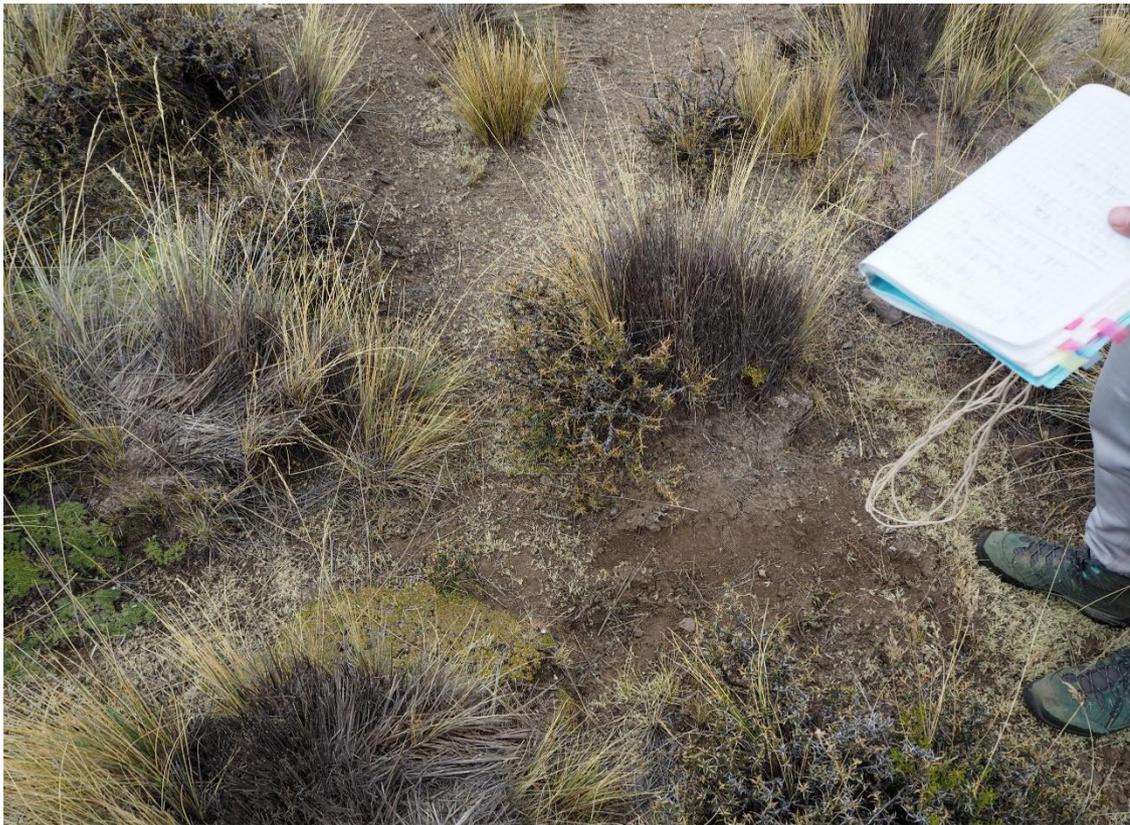


Figura 32. Especie identificada *Margyricarpus pinnatus* y *Festuca dichoclada*



Figura 33. Especie identificada *Lupinus mutabilis* y *Viguiera rudbeckioides*



Figura 34. Búsqueda de especies nodrizas en el cerro Espinal.

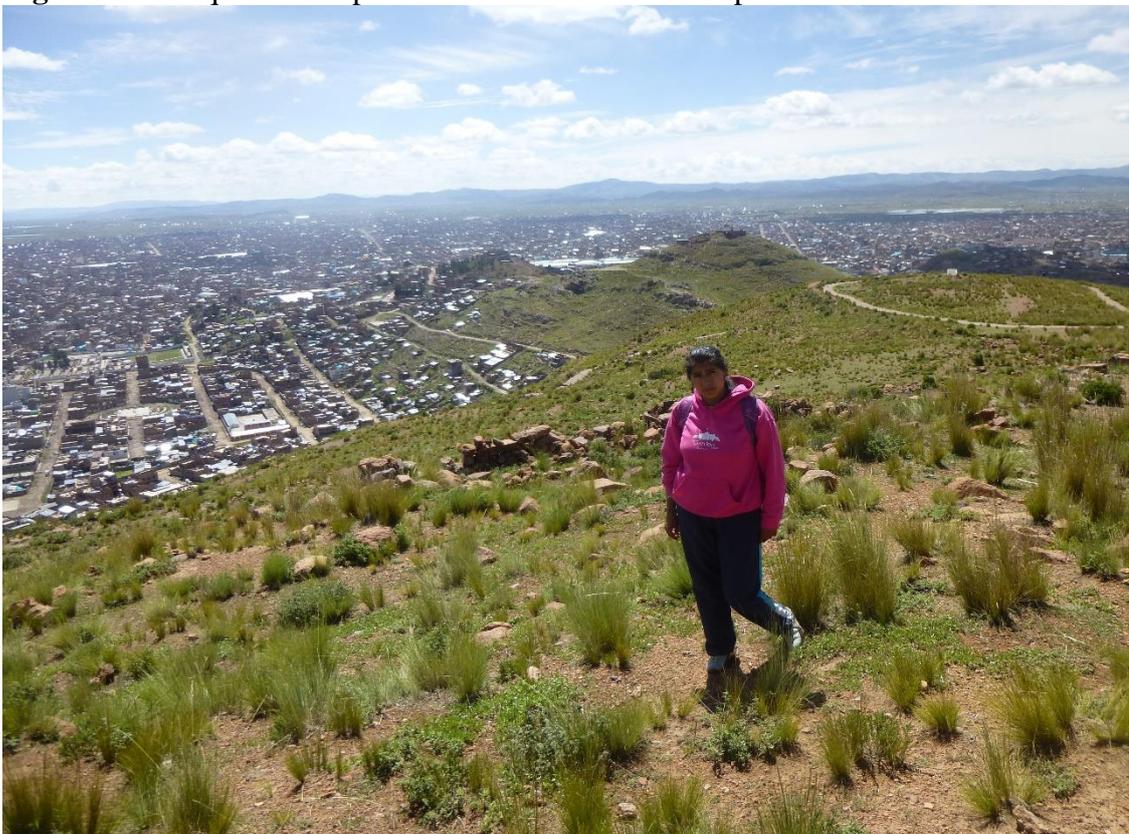


Figura 35: Gradiente altitudinal zona alta de evaluación.



Figura 36. Especie identificada *Bidens pilosa*



Figura 37. Identificación de *Austrocylindropuntia subulata*.



Figura 38. Cactus de *Austrocyllindropuntia subulata* “pataquisca” en el cerro Espinal – Juliaca



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Of. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Jhasenca Keyserlin Quispe Apaza.

N° de Boletín: 374T2.

Proyecto: Distribución Espacial y Caracterización de Habitad de la Cactácea Austrocyliotropuntia en el Cerro Espinal-Juliaca 2018.

Fecha de Recepción: 19 de Agosto del 2018.

Fecha de Certificación: 25 de Agosto del 2018

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	374T2	P3 Zona Media	72	10	18	FA	0.00		1.86	0.07
2	374T3	P5 Zona Alta	54	8	38	FA	0.00		1.80	0.07
3	374T4	P2 Zona Baja o Ladera	68	8	24	FA	0.00		1.79	0.05
4	374T5	P1 Zona Baja o Ladera	60	12	28	FA	0.00		1.80	0.06
5	375A1	P4 Zona Media	60	6	34	FA	0.00		2.00	0.10
6	375A2	P6 Zona Alta	60	6	34	FA	0.00		1.93	0.08

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				I ^o %	CATIONES CAMBIABLES					CTC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn		Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	7.00	0.109	8.00	380.00			1.40	0.00	4.30	2.40	0.00	1.00	10.00	7.70
2	6.86	0.075	8.13	310.00			2.50	0.00	5.40	2.60	0.10	1.20	12.00	9.30
3	6.67	0.082	7.83	170.00			0.72	0.00	2.50	2.10	0.00	0.50	8.00	5.10
4	6.69	0.060	8.00	180.00			1.43	0.00	3.80	2.50	0.00	0.50	5.90	6.80
5	6.55	0.043	9.98	890.00			4.22	0.00	5.70	1.20	0.00	1.70	10.00	8.60
6	6.53	0.119	8.96	600.00			2.34	0.00	7.10	2.80	0.00	1.50	12.00	11.40

Referencias:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión. Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing° JORGE CANIQUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL: AGRARIA ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Ot. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura: % de arena, limo y arcilla: método del hidrómetro
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación (és).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KClN, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5, Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COOCH₃) N, pH 7.0.
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺: cambiales: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N, pH 7.0, cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica Na⁺, K⁺; Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
11. Al-3-hi: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA; Na⁺, K⁺: fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻: volumetría y colorimetría; SO₄²⁻: Turbidimetría con cloruro de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	Nitrogeno	Materia Orgánica	Fósforo Disponible	Potasio Disponible	Relaciones				
					Catiónicas	Ca/Mg			
Clasificación	CE(es)	Clasificación	%	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
Muy ligeramente salino	<2	Bajo	0-0.1	<7.0	<100	Normal	0.2-0.3	5 a 9	
Ligeramente salino	2 a 4	Medio	0.1-0.2	100-240	Deficiente Mg	>0.5			
Moderadamente salino	4 a 8	Alto	>0.2	>240	Deficiente K	>0.2			
Fuertemente salino	>8				Deficiente Mg	>10			

Reacción ó pH	pH	Clases Texturales		Distribución de Cationes
		Clasificación	Texturales	
Fuertemente ácido	<5.5	A	F-Ar	Ca ²⁺ 60-75
Moderadamente ácido	5.6-6.0	AF	F-Ar	Mg ²⁺ 15-20
Ligeramente ácido	6.1-6.5	FA	F-ArL	K ⁺ 3 a 7
Neutro	7.0	Fr	A-A	Na ⁺ <15
Ligeramente alcalino	7.1-7.8	FL	A-L	
Moderadamente alcalino	7.9-8.4	L	Ar	
Fuertemente alcalino	>8.5			

Equivalencias:

- 1 ppm = 1 mg/kilogramo
- 1 mililitro (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente/100g = 1 cmol(+)/kilogramo.
- Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1: 2.5) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm
- T= Trazas; -F= Flocida (excesiva presencia de sales, se sugiere realizar análisis de Salinidad, por extracto de saturación)



Mg^o JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Rinconada de Salcedo s/n
Puno, Puno, Perú
T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe



PROCEDIMIENTO PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A
ESTUDIANTES, TESISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES/TESISTAS- DIRECCIÓN ZONAL

Señor(a)
DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU-
SENAMHI
Presente.-

Jhasenca Keyserlin Quispe Apaza
(Nombre y Apellidos)

Jr. Primavera Mza - A-2 Zote - 3 - Juliaca
(Dirección)

Con No. DNI: 74206712 Telef.: E-mail: jhasenca1bio@gmail.com

Universidad/Instituto: Universidad Nacional del Altiplano

Carrera/Profesión: Biología

Ante usted me presento y expongo;
Que, (detallar el estudio o proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

Patrones de Distribución espacial y Caracterización de
habitat de Austrocylindropuntia subulata & Cactaceae en el
Cerro Espiral - Juliaca, 2017

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
COJULIACA - EMAJULIACA	TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA, PROMEDIO	2016, 2017, 2018
	PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO,	2016, 2017, 2018
	PRECIPITACION PLUVIAL	2016, 2017, 2018
	VELOCIDAD Y DIRECCION DE VIENTO	2016, 2017, 2018
	PROMEDIO	
	RADIACION SOLAR ACUMULADA	2016, 2017, 2018

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico jhasenca1bio@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Puno, 14 de mayo del 2018

Jhasenca
Firma del Usuario





INSTITUTO CIENTÍFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)

Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos
Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-SERFOR/DGGSPFFS



"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS N° 008-2019

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).

HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por la Srta. Jhasenca Keyserlin Quispe Apaza, con DNI 74206712, para la ejecución de la tesis de pregrado titulada: "**Patrones de distribución espacial de la cactácea *Austrocylindropuntia subulata* en el Cerro Espinal, Juliaca 2018, de la Universidad Nacional del Altiplano**", recolectada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno con coordenadas UTM WGS84 19 S 377158 E - 8285811 N, fue determinada taxonómicamente en las Instalaciones del Herbario del Instituto Científico Michael Owen Dillon, "Herbario Sur Peruano" (HSP), y corresponden a:

Clase: Equitopsida

SubClase: Magnoliidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: *Austrocylindropuntia*

Especie: *Austrocylindropuntia subulata* (Muehlenpf.)
Backeb.

La clasificación se ha realizado según la propuesta por el grupo Angiosperm Phylogeny Group en "An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the orders and families of flowering plants: APG IV" (2016).

Se expide la presente, a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 19 de julio del 2019.

Ms. Cs. Blgo. Víctor Quipuscoa Silvestre
C. B. P. N° 2484

Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
vquipuscoas@hotmail.com
vquipuscoa@imod.org.pe

