

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Caracterización ecológica de cactáceas columnares  
y globulares del Complejo Arqueológico Wari.  
Ayacucho. Pacaycasa. 2018-2019.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES**

**Presentado por:**

**Bach. OCHOA RODRÍGUEZ, Diego Wilfredo**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2020**

*A mis padres, Walter y Maritza, por  
su apoyo.*

*A mis hermanas: Mónica y Adhelí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, por ser mi centro de aprendizaje.

A mi asesor Dr. Jesús De La Cruz Arango, por su enseñanza y asesoramiento para elaborar el presente trabajo de investigación.

Al Mg. Reynán Cóndor Alarcón por su apoyo y colaboración en el análisis estadístico y procesamiento de datos.

A los estudiantes y egresados de la Escuela Profesional de Biología: Lucero Geraldine Aguilar López, Juan Carlos Cárdenas García, Melemg Bladimir Risco De La Cruz y Lito Ochoa Ludeña, por su apoyo en la recolección de datos en campo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Generales	4
2.1.2. Estudios poblacionales y Distribución espacial	9
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Cactus	9
2.2.2. Familia Cactaceae	9
2.2.3. Taxonomía de la familia Cactaceae	10
2.2.4. Formas de crecimiento	10
2.2.5. Morfología de los Cactus	11
2.2.6. Comunidad vegetal	13
2.2.7. Características de las comunidades	13
2.2.8. Área mínima de la comunidad	13
2.2.9. Curva de acumulación de especies	13
2.2.10. Muestreo por Cuadrantes	15
2.2.11. Ecuación de Clench	15
2.3. Bases teóricas	15
2.3.1. Características ecológicas	16
2.3.2. Abundancia	16
2.3.3. Densidad	16
2.3.4. Distribución espacial	17
2.3.5. Tipos de distribución espacial	17
2.3.5. Estructura poblacional	17
2.4. Marco legal	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19

3.1.	Ubicación de la zona de estudio	19
3.1.1.	Ubicación política	19
3.1.2.	Ubicación geográfica	19
3.1.3.	Área	19
3.2.	Características de la zona de estudio	20
3.2.1.	Cobertura vegetal	20
3.2.2.	Zonas de vida	21
3.2.3.	Clima	22
3.3.	Diseño metodológico	22
3.3.1.	Población y muestra	22
3.3.2.	Tipo de muestreo	22
3.3.3.	Cálculo del área mínima del cuadrante	22
3.3.4.	Forma de la unidad muestral	23
3.3.5.	Número de cuadrantes	23
3.3.6.	Tipo de investigación	23
3.3.7.	Recolección de datos	24
3.3.8.	Procesamiento de datos	25
IV.	RESULTADOS	27
V.	DISCUSIÓN	43
VI.	CONCLUSIONES	49
VII.	RECOMENDACIONES	51
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	57

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía de la familia cactaceae.	10
Tabla 2. Especies de cactáceas columnares y globulares identificadas en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	29
Tabla 3. Densidad de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	33
Tabla 4. Distribución espacial de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	41
Tabla 5. Número de unidades muestrales para las especies de cactáceas columnares y globulares del estrato bajo del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	59
Tabla 6. Número de unidades muestrales para las especies de cactáceas columnares y globulares del estrato medio del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo de muestreo para determinar el área mínima de la comunidad.	14
Figura 2. Curva de acumulación de especies.	14
Figura 3. Mapa de ubicación del Complejo Arqueológico Wari dividido por estratos.	20
Figura 4. Mapa de Cobertura Vegetal del Complejo Arqueológico Wari.	21
Figura 5. Mapa de Zonas de vida del Complejo Arqueológico Wari.	21
Figura 6. <b>a)</b> Ajuste de la curva de acumulación de especies de cactáceas columnares y globulares a la ecuación de Clench para el estrato bajo. $R^2= 0,985$ <b>b)</b> Ajuste de la curva de acumulación de especies de cactáceas columnares y globulares a la ecuación de Clench para el estrato medio. $R^2= 0,984$ .	24
Figura 7. Porcentaje de individuos de <i>Lobivia zecheri</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	34
Figura 8. Porcentaje de individuos de <i>Corryocactus ayacuchoensis</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	35
Figura 9. Porcentaje de individuos de <i>Cylindropuntia tunicata</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	36
Figura 10. Porcentaje de individuos de <i>Echinopsis peruviana</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	37
Figura 11. Porcentaje de individuos de <i>Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	38
Figura 12. Porcentaje de individuos de <i>Oreocereus doelzianus</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	39
Figura 13. Porcentaje de individuos de <i>Cleistocactus morawetzianus</i> según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.	40

Figura 14. Distribución espacial de las especies de cactáceas globulares y columnares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

42



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Cálculo de unidades muestrales.	59
Anexo 2. Mapa de ubicación dividido por estratos del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	61
Anexo 3. Ubicación de las unidades muestrales en base a sus coordenadas UTM y altitud en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018- 2019.	62
Anexo 4. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo por estratos en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	63
Anexo 5. Número de individuos de cactáceas columnares y globulares por estrato del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	64
Anexo 6. Resolución de autorización.	65
Anexo 7. Constancia de depósito.	66
Anexo 8. Vista superior del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	67
Anexo 9. Fotografías del trabajo de campo realizado en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.	68
Anexo 10. Registro fotográfico de las especies de cactáceas columnares y globulares identificadas en el Complejo Arqueológico Wari.	70
Anexo 11. Matriz de Consistencia.	71

## RESUMEN

Las cactáceas presentes en la región de Ayacucho están expuestas a ciertas amenazas que ponen en riesgo su conservación, sus hábitats son impactados por la expansión de la frontera agrícola, extracción forestal y el crecimiento urbano. Por esto, es necesario realizar inventarios de biodiversidad, estudios poblacionales, ecológicos, entre otros, que sustenten acciones para su conservación. La presente investigación fue ejecutada en el Complejo Arqueológico Wari, distrito de Pacaycasa, Provincia de Huamanga en la región de Ayacucho, ubicado a 2750 m.s.n.m. Teniendo como objetivo evaluar las características ecológicas de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019. El muestreo fue de tipo aleatorio estratificado, dividiéndose el área en estratos de altitud: estrato bajo (2500-2600 m.s.n.m.) y medio (2600-2800 m.s.n.m.), evaluándose todos los individuos de un total de 21 cuadrantes de 40 x 80 m<sup>2</sup>. Se identificaron 7 especies: *Lobivia zecheri* Raush, *Corryocactus ayacuchoensis* Raush & Backeberg, *Cylindropuntia tunicata* Lehmann Knuth, *Echinopsis peruviana* Britton & Rose, *Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata* Berger Hunt, *Oreocereus doelzianus* Backeberg, Borg y *Cleistocactus morawetzianus* Backeberg. De las cuales, las especies más densas fueron *L. zecheri* (96 plantas/ha) y *A. subulata* subsp. *exaltata* (67 plantas/ha), seguidas de *E. peruviana* (39 plantas/ha), *O. doelzianus* (32 plantas/ha) y *C. tunicata* (25 plantas/ha), mientras que las menos densas fueron *C. ayacuchoensis* (14 plantas/ha) y *C. morawetzianus* (7 plantas/ha). La estructura de tamaños evidencia que el reclutamiento se ha estado dando recientemente en las poblaciones de *E. peruviana*, *A. subulata* y *C. ayacuchoensis*. Por otro lado, para *L. zecheri*, *C. tunicata* y *O. doelzianus* se obtuvo una mayor cantidad de individuos en las categorías pequeñas y medianas, concluyendo que estas poblaciones se regeneraron con anterioridad. Para *C. morawetzianus* se encontraron más individuos en las categorías más bajas, pero, los 12 individuos registrados en total, no muestran con certeza su estado. Por último, todas las especies estudiadas presentaron una relación varianza/media mayor a uno ( $S^2/X > 1.00$ ), confirmando que poseen un patrón de distribución aglomerada.

**Palabras clave:** Cactáceas, columnares, globulares, densidad, estructura poblacional, distribución espacial, reclutamiento, complejo arqueológico Wari.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú existen 40 géneros y 262 especies pertenecientes a la familia Cactaceae.<sup>1</sup> Arakaki et al mencionan que son endémicas 199 especies distribuidas en 32 géneros;<sup>2</sup> este elevado endemismo muestra la abundante biodiversidad del Perú en individuos de esta familia, además la R.M. N° 505-2016-MINAGRI afirma que son 91 especies de cactáceas las que están amenazadas en las distintas categorías, lo que justifica la importancia de realizar estudios y acciones para la conservación de las cactáceas.

Ceroni y Castro mencionan que la familia Cactaceae presenta especies muy particulares de la flora silvestre peruana, dichas características han obligado a incluirlas en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES, porque poseen un alto valor económico en el comercio internacional al ser atractivas por sus hermosas flores y su morfología.<sup>3</sup>

Según Arakaki et al, la mayoría de los taxones endémicos ocupan la región del matorral desértico y la región mesoandina del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m.,<sup>2</sup> asimismo, Galán et al mencionan que las comunidades con cactáceas están situadas en las lomas del desierto costero y en los pisos basales de la región andina y que la diversidad se debe a la endemidad y a las condiciones ecológicas que presentan estos hábitats, como es el caso del Complejo Arqueológico Wari, que se ubica en la zona xerofítica, brindando las condiciones necesarias para el desarrollo de las cactáceas.<sup>4</sup>

Ayacucho es una región andina, presenta 44 zonas de vida de un total de 84 que tiene el Perú,<sup>5</sup> además posee gran diversidad de cactáceas, pese a esto, se tienen pocos estudios de esta familia. De la Cruz y Aucasime identificaron 16 especies de cactáceas distribuidas en 9 géneros en la Provincia de Huamanga,<sup>6</sup> Ayala y Ayala describen un total de 34 especies de cactáceas en la región de Ayacucho.<sup>7</sup> Sin embargo, poco se conoce de las características ecológicas de

este grupo de plantas, que son parte de la vegetación de los valles interandinos de la región.<sup>8</sup> Incrementar el conocimiento de su ecología, contribuirá en la comprensión de su distribución en el espacio, formas de crecimiento y densidad de estas plantas, por ello nos propusimos los siguientes objetivos:

**Objetivo general**

Evaluar las características ecológicas de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 - 2019.

**Objetivos específicos**

1. Identificar las especies de cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.
2. Determinar la densidad de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.
3. Establecer la estructura poblacional de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.
4. Determinar la distribución espacial de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Generales

Ostolaza en su obra “Todos los Cactus del Perú” identifica un total de 40 géneros y 262 especies y subespecies de cactáceas en el Perú, realizando la descripción botánica, ecología, distribución e importancia, usos y cultivo de las cactáceas, buscando la revaloración e incrementar el interés para estudiar este grupo de plantas bastante particular.<sup>1</sup>

Las cactáceas presentan un abundante número de especies reconocidas como endémicas del Perú, generando el interés de algunos investigadores, Arakaki et al, publicaron el artículo titulado “Cactaceae endémicas del Perú”, donde afirman que la mayoría de los cactus del Perú presentan la forma de vida arbustivos-columnares, reconociendo 199 endemismos en un total de 32 géneros estudiados, de estos, 6 géneros son endémicos del Perú: *Calymnanthium*, *Lasiocereus*, *Matucana*, *Mila*, *Oroya* y *Pygmaeocereus*. Además, recomiendan realizar estudios metódicos para la evaluación de sus poblaciones y hábitats, con la finalidad de conocer mayores aspectos de su ecología.<sup>2</sup>

Últimamente, los estudios de cactáceas se van desarrollando con mayor frecuencia en diversas regiones, con la finalidad de conocer la diversidad de esta familia. En nuestra región, se va incrementando el interés por conocer las especies de cactáceas, estos estudios son importantes porque ayudan en la identificación e incrementan el conocimiento de la ecología de las cactáceas en Ayacucho, es así que De la Cruz y Aucasime estudiaron las cactáceas de la Provincia de Huamanga, identificaron 16 especies distribuidas en 9 géneros, siendo el género *Opuntia* el más representativo con 4 especies, seguido del género *Echinopsis* con 3 especies, *Corryocactus* y *Austrocylindropuntia* con 2 especies cada uno y los demás géneros con una especie cada uno, afirman que la mayor parte de las cactáceas se ubican a una altitud inferior a los 2800

m.s.n.m. <sup>7</sup> Por su parte, Ayala y Ayala publicaron la “Guía de Cactáceas de la Región Ayacucho”, donde identifican un total de 34 especies de cactáceas, describiendo su ecología y utilidades; esta guía será de importancia durante esta investigación para la identificación de las especies de cactáceas.<sup>6</sup>

Ortega et, al estudiaron los patrones de diversidad y las prioridades políticas para la conservación de la familia Cactaceae en Argentina, para ello, utilizaron la riqueza específica y el endemismo de las especies de esta familia, para calcular la riqueza específica y las especies endémicas utilizaron una base de datos ya existente, encontraron 238 especies, de las cuales 133 especies son endémicas, mostrando que existe una gran diversidad de especies endémicas de cactáceas, además afirman que estos resultados son muy importantes para establecer zonas de conservación y de protección de cactáceas.<sup>8</sup>

En su estudio “Diversidad y distribución de las Cactaceae en Guatemala”, Arias y Véliz, generaron una lista actualizada de las especies de cactáceas de su país, donde encuentran 44 especies nativas y 8 especies introducidas y cultivadas de cactáceas agrupadas en 5 tribus y 3 subfamilias, cabe resaltar que el endemismo es alto también en este país, afirman que existe mucho trabajo por hacer con fines de conservación, al igual que en nuestro país, pues no existe un plan actual para manejar y proteger a los individuos de la familia Cactaceae.<sup>9</sup>

Huamaní et al, estudiaron la flora natural del Parque Ecológico Regional de Arequipa, abarcando principalmente las especies de cactáceas, para ello realizó visitas entre los años 2000 y 2003, para el estudio de composición florística se visitó durante las épocas de lluvia, colectando las muestras para la identificación, se encontraron las siguientes especies de cactus: *Opuntia corotilla* Schumann ex vaupel, *Opuntia sphaerica* Förster, *Corryocactus brevistylus* (Schumann ex Vaupel) Britton & Rose, *Corryocactus aureus* (Meyen) Hutchinson, *Oreocereus hempelianus* (Gürke) D. Hunt *Weberbauerocereus weberbaueri* (Schumann ex Vaupel) Backeb.<sup>10</sup>

### **2.1.2. Estudios poblacionales y distribución espacial**

Calderón et al, realizaron una investigación para conocer la distribución y estado de conservación del género *Haageocereus* en el departamento de Lima, para la colección de especímenes se visitaron 12 localidades ubicadas en las provincias de Canta, Huaral, Huaura, Huarochirí, Lima y Oyón, entre los 180 y 2500 m.s.n.m. En total se evaluaron 12 taxa, que correspondían a 4 especies, 6 subespecies y 2 híbridos, que se ubicaban en las categorías de conservación de

Vulnerable (3), En Peligro (5) y En Peligro Crítico (6), mencionan que es necesario establecer planes de conservación de dichas especies, pues el crecimiento de la población y la expansión urbana que se viene presenciando, son de gran riesgo para las especies de cactáceas que habitan ecosistemas, que en la actualidad vienen siendo perturbados.<sup>11</sup>

Álvarez et al, estudiaron los aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas y las implicaciones para su conservación: *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus pseudomacrolele*, evaluaron los aspectos ecológicos como la estructura de tamaños, la ocupación del hábitat, la germinación de las semillas y la supervivencia de las plántulas. Para la estructura de tamaños se evaluaron durante enero y febrero del 2002 de 10 a 20 parcelas de 1 m<sup>2</sup> por especie para cada una de las poblaciones estudiadas, en cada parcela se ubicaron todos los individuos y se midió el diámetro de sus tallos utilizando un vernier digital, la clasificación de los individuos se realizó con el diámetro total en distintas categorías de tamaño, las cuales fueron definidas considerando el intervalo de los datos y el número total de individuos. Los resultados para la estructura de tamaños muestran que las poblaciones de *S. disciformis* tienen una baja proporción de individuos menores a 5 mm de diámetro (2-7%), del mismo modo, la mayoría de los individuos están comprendidos en las categorías de 5-20 mm. La estructura de tamaños de *T. pseudomacrolele* presenta mayor diferencia entre las poblaciones estudiadas, en las poblaciones de Bernal e Ixmiquilpan, las categorías de 0-30 mm de diámetro fueron las únicas que presentaron individuos (60 y 90% respectivamente), por el contrario, la población de Zimapán presentó individuos en todas las categorías de tamaño, aunque la mayor proporción (60%) también se observó en las categorías de 0-30 mm.<sup>12</sup>

Aguirre investigó la distribución espacial de las Cactáceas en el desierto Chihuahuense en México, menciona que las cactáceas se distribuyen en regiones áridas y semiáridas, se estudiaron las cactáceas en 17 municipios de Chihuahua, encontraron 13 géneros y 61 especies de cactáceas, afirma que las variables que tienen mayor influencia en la distribución espacial de las cactáceas son la temperatura máxima, mínima y media, juntamente con la precipitación, además de la cercanía de la población humana.<sup>13</sup>

Revilla et al estudiaron la diversidad y la distribución de las cactáceas en la Reserva Nacional de Lachay, el estudio se realizó en estación seca del 2015 y

se registró la diversidad de cactáceas, registraron la abundancia, porcentaje de individuos, cobertura y altura de las agrupaciones de cactáceas, la determinación taxonómica de los especímenes vegetales fue realizada en el laboratorio de dendrología y herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con los datos de ubicación, abundancia y densidad, se generaron mapas de distribución y densidad de individuos por especie, mediante el uso del programa ArcGis 10.2, en total ocurrieron 6 especies y 2 subespecies pertenecientes a la familia Cactaceae en la Reserva Nacional de Lachay, el género que más especies presentó fue *Haageocereus* con 3 especies. Respecto a la distribución, las cactáceas se distribuyen principalmente en las laderas rocosas y quebradas secas, planicies de arena blanca pedregosas, asociadas por lo general a las rocas ahí presentes, presentando un patrón de distribución espacial agrupado. Además, se describen las relaciones de alimentación, forrajeo y nidificación de las aves en las formaciones de cactáceas.

Sánchez<sup>14</sup> realizó una caracterización de cactáceas del Matorral Desértico Chihuahuense respetando cierto rango altitudinal en el área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, consideró 52 áreas de muestreo que se repartieron entre cuatro gradientes altitudinales, donde estableció transectos de 8 x 250 m<sup>2</sup>, las variables fueron: ubicación, sitio ecológico, asociaciones vegetales, características de suelo, riqueza, densidad y frecuencia de especies; en total encontró 25 especies, todas registradas en el matorral desértico, con este trabajo se buscó divulgar e informar sobre su importancia dentro del ecosistema y aportar a la toma de decisiones sobre los planes de manejo para su conservación.<sup>15</sup>

Paíz realizó la Caracterización de la Comunidad de Cactáceas de la Aldea San Jorge, en Zacapa, México; con el objetivo de caracterizar la composición florística de las comunidades de cactáceas en la aldea San Jorge, identificando 7 especies de cactáceas, siendo el de mayor densidad *Cephalocereus maxonii* Rose con 156 individuos/ha, afirma que la especie con mayor densidad, no siempre es la que presenta la mayor cobertura o mayor frecuencia en los cuadrantes, esto se debe al estado fragmentado de los ecosistemas de cactáceas en el área. Dentro de las especies de cactáceas que ejercen el mayor índice de valor de importancia fueron: *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R., *Nopalea guatemalensis* y *Cephalocereus maxonii* Rose respectivamente, que



por sus características naturales predominan sobre las demás especies, pero no limitan el desarrollo de estas. Los usos principales de las cactáceas en el área de estudio son: alimentación humana, especies de ganado menor, medicinal, como cercos vivos, leña y ornamentales, poniendo en riesgo la supervivencia de las especies.<sup>16</sup>

Zepeda et al, estudiaron la distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae) en una población remanente localizada en Cadereyta de Montes, Querétaro en México, con el objetivo de estimar los factores que influyen en el mantenimiento de sus poblaciones y aportar información que permita establecer su estatus de conservación, para ello, se analizó la estructura poblacional, el patrón de distribución espacial y la reproducción de *A. ornatum*. Para la estructura poblacional se establecieron dos parcelas permanentes; la primera de 16 x 30 m<sup>2</sup>, y la segunda de 30 x 40 m<sup>2</sup>, en cada parcela se realizó el censo de los individuos por dos años consecutivos (2008 y 2009), finalmente con estos datos se estimó el tamaño medido con el volumen de los cactus, concluyeron que la mayoría de los individuos se concentran en las primeras categorías de tamaño, es decir, en los individuos más pequeños, solamente 34% del total de plantas evaluadas fueron reproductivos. Para el patrón de distribución espacial se utilizó la prueba de Hopkins, concluyendo que *A. ornatum* tiene un patrón de distribución espacial agregado, similar a otras especies que requieren nodrizas o grietas y rocas que les proporcionan sombra.<sup>17</sup>

Pinto publicaron el estudio titulado "*Lobivia ferox* Britton et Rose (Cactaceae): Nuevo registro para la flora chilena" dicho estudio se realizó en noviembre del 2001 y febrero del 2002, en el altiplano de la I Región de Tarapacá, norte de Chile por sobre los 3700 m de altitud, se midió la densidad en Sierra de Yarina y Sierra Chilani en 4 y 5 cuadrantes de 10 x 10 m<sup>2</sup> a lo largo de un transecto altitudinal, también se registró la estructura de talla de la población midiendo alto y diámetro de las plantas. En los resultados afirma que *L. ferox* crece en una franja altitudinal muy estrecha entre los 3700 y 4000 m.s.n.m., en cuanto a la densidad es bastante variable, encontrándose sectores de baja densidad con 1 individuo/100 m<sup>2</sup> y otros sectores de alta densidad hasta con 15 individuos/100 m<sup>2</sup>. En cuanto a la estructura de tallas de la población de *L. ferox* se registraron individuos de 1 a 45 cm de alto, sin embargo, la gran mayoría se encuentra entre los 10 y 15 cm de alto, es decir, en las primeras categorías de tamaño.<sup>18</sup>

Novoa estudió la abundancia, distribución espacial, fenología y estructura poblacional de dos especies de cactus, *Cleistocactus peculiaris* y *Cleistocactus hystrix*, en el área de influencia del gaseoducto de PERÚ LNG, el estudio se realizó con el objetivo de establecer los posibles efectos sobre estas dos especies de cactáceas por la presencia del gaseoducto de PERÚ LNG, se establecieron unidades muestrales para cada especie, para *C. hystrix* se muestrearon 18 parcelas de 0.1 ha (50 × 20 m<sup>2</sup>), y para *C. peculiaris* se muestrearon 10 parcelas de 0.6 ha (100 × 60 m<sup>2</sup>), por el objetivo del trabajo fue necesario separar las parcelas en dos grupos, impactadas y control; para la abundancia fue necesario registrar el número de individuos, pues permitió estimar su densidad, se estudiaron las asociaciones de nodrizas observando las plantas y rocas que viven cerca de los individuos de *Cleistocactus*. Para el estudio de los patrones de distribución se calcularon índices de agregación R, concluyendo que *C. peculiaris* tiene rangos de abundancia de 26–77 individuos/ha en parcelas control y entre 17–53 individuos/ha en parcelas impactadas, además el patrón de distribución es al azar, esta población posee asociaciones con rocas, con un promedio de asociación mayor al 80%. Por su parte *C. hystrix* presenta rangos de abundancia de 80–380 individuos/ha en parcelas control y entre 100–450 individuos/ha en parcelas impactadas, además el patrón de distribución es agrupado, esta población no tuvo asociaciones con nodrizas.<sup>19</sup>

Ayacucho presenta zonas áridas, propicias para el desarrollo de cactáceas, tal es el caso del Cerro San Cristóbal, en la localidad de Compañía, donde Huamaní desarrolló su estudio en cactáceas, con el objetivo de identificar las especies endémicas, determinar las características morfológicas y poblacionales de dichas especies, dividió la zona de trabajo en tres estratos altitudinales: bajo (<2500 m.s.n.m.), medio (2500 a 2600 m.s.n.m.) y alto (>2600 m.s.n.m.); en total consideró 24 unidades muestrales de 50 x 50 m<sup>2</sup>, identificó las especies a través de claves taxonómicas y determinó los parámetros poblacionales, encontró 5 especies endémicas de la Familia Cactaceae: *Corryocactus ayacuchoensis*, *Corryocactus quadrangularis*, *Browningia hertlingiana*, *Echinopsis peruviana* y *Oreocereus doelzianus*, siendo *Browningia hertlingiana* la especie más abundante, y la menos abundante es *Corryocactus quadrangularis*, y determinó que las poblaciones de cactáceas endémicas del Cerro San Cristóbal presentan una distribución espacial amontonada.<sup>20</sup>

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Cactus**

Los cactus son una familia de plantas exclusivas del continente americano, que se distribuyen, por el norte desde Canadá, en los estados de Columbia Británica y Alberta, y por el sur en la Patagonia argentina, al oeste por las islas Galápagos de Ecuador y al este de Brasil en una isla llamada Fernando de Noronha.<sup>1</sup>

Se puede justificar la teoría de que este grupo de plantas son nativas de América, por ejemplo en las areolas que se presentan sólo en plantas de América, o por las características de las flores, frutos y semillas y por último, que muchas características microscópicas de la madera, mucílago y epidermis muestran diferencias entre las suculentas que habitan en desiertos que no son del continente Americano y los cactus.<sup>3</sup>

### **2.2.2. Familia Cactaceae**

La familia Cactaceae presenta individuos con características bastante particulares como los tallos grandes, sin hojas, de larga vida que presentan diversidad de formas y tamaños, y poseen racimos de espinas, además es son plantas suculentas que tienen una gran capacidad para almacenar agua y soportar climas áridos, la succulencia del tallo, que estando totalmente hidratados pueden llegar a poseer un 95% de agua, y además pueden llegar a deshidratarse y seguir viviendo hasta poseer un 20% de agua en su cuerpo, se caracteriza también por poseer gran cantidad de alcaloides y esteroides que se producen en la familia<sup>21</sup>. Esta adaptación a las altas temperaturas y los climas áridos le ayudaron a ser las plantas predominantes en los desiertos y zonas áridas alto andinas, adaptándose a distintos hábitats presentando una gran diversidad de formas y tamaños, sin embargo, la reproducción de esta especie presenta serias dificultades, es así que el proceso de reclutamiento se considera poco frecuente, pues depende de muchos factores físicos y biológicos<sup>22</sup>, no obstante, encontramos un ejemplo particular en las punas a más de 4000 msnm donde crece exitosamente la *Austrocylindropuntia floccosa*.<sup>1</sup>

A pesar de la gran biodiversidad el Perú no posee la mayor abundancia en especies pues ese privilegio lo posee México, pero el Perú es el segundo centro de diversificación de cactáceas, pues cuenta con 39 géneros y más de 255 especies según Hunt et al, (2006), citado por Ceroni y Castro (2013, p. 2).<sup>3</sup>

En el libro "Todos los Cactus del Perú" se afirma que existen 40 géneros y 262 especies de cactáceas,<sup>1</sup> incrementando el número de géneros y especies

reconocidas por Hunt, además en el artículo “Cactaceae endémicas del Perú” se registran 199 endemismos en 32 géneros.<sup>2</sup>

### 2.2.3. Taxonomía de la familia Cactaceae

Según la clasificación de Engler A. las cactáceas se tienen que clasificar de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Taxonomía de la familia cactaceae

Categoría	Descripción
Reino	Plantae
División	Antophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Cactales
Familia	Cactaceae

Fuente: Ostolaza, 2014.<sup>1</sup>

La división de la familia en tres subfamilias, viene desde Karl Schumann de hace un siglo,<sup>1</sup> son: Pereskioideae Schumann, Opuntioideae Schumann y Cactoideae Buxbaum.

### 2.2.4. Formas de crecimiento

Según el hábito pueden ser arbóreas y arbustivas, las arbóreas que tienen un tronco único a partir del cual surgen varias ramas, donde destaca la forma de candelabro,<sup>21</sup> generalmente se observa en individuos de mucha edad y arbustivas que no tienen un tronco definido, por el contrario presentan ramas del mismo diámetro, podemos diferenciar los arbustivos típicos con ramas equidistantes, los arbustivos cespitosos con ramas pequeñas y cercanas y los arbustivos simples que presenta un tallo único sin ramificación.

Según la forma de crecimiento del tallo pueden ser globosos, lo que nos indica que son de forma esférica; pueden ser globosos aplanados, cuando son esféricos pero poseen una tapa plana;<sup>21</sup> existen también los de forma globosa cilíndrica, se da cuando la altura del tallo no sobrepasa el doble del diámetro de la rama. Los tallos cilíndricos son aquellos que la altura supera el doble del diámetro del tallo; los tallos en forma de cladodio, que son tallos aplanados, propios de la sub familia Opuntioidea.

También se deben mencionar los cactus epífitos o litófitos, que crecen en otras plantas o también en rocas, sin embargo, no se alimentan directamente de ellos,<sup>21</sup> y los cactus terrestres, son aquellos que sus tallos y raíces se asientan directamente sobre el suelo absorbiendo los nutrientes y agua directamente de él, representan la forma de crecimiento más común que se puede encontrar en la naturaleza.

## **2.2.5. Morfología de los Cactus**

### **2.2.5.1. Raíces**

La mayoría de los cactus poseen un sistema de raíces amplio que se encuentra por debajo de la superficie, mediante la cual puede incorporar la poca agua que llega a la parte superior del suelo en zonas desérticas.<sup>21</sup> Sin embargo, también se presentan raíces engrosadas con la finalidad de poder almacenar agua y sustancias de reserva.<sup>1</sup>

### **2.2.5.2. Tallo**

Los tallos en las cactáceas son muy variables de acuerdo al grupo al que pertenezcan, teniendo gran utilidad para la taxonomía.<sup>21</sup> Los tallos de la familia Cactaceae presenta una de sus principales características, la succulencia, lo que les permite almacenar agua para épocas secas, poseen diversidad de formas pudiendo ser globosos, cilíndricos o aplanados, los tallos en las cactáceas deben permanecer verdes por años, pues la ausencia de hojas los obliga a cumplir con la fotosíntesis, en algunos cactus epífitos los tallos son aplanados y tienen forma de hojas, son diferentes en la subfamilia Pereskioideae, pues no son suculentos, y las hojas son las encargadas de realizar la fotosíntesis.<sup>1</sup>

### **2.2.5.3. Costillas**

Los tallos de la mayoría de cactáceas presentan hendiduras longitudinales, generando una proyección de crestas a las que conocemos como costillas, esta característica poseen gran importancia para la taxonomía.<sup>3</sup> Las costillas permiten absorber mayores volúmenes de agua en época lluviosa y además les permite a las cactáceas incrementar su volumen sin que la epidermis se dañe, es en la parte más sobresaliente de estas que se ubicarán las areolas.<sup>1</sup>

### **2.2.5.4. Hojas**

La mayoría de los cactus carecen de hojas que sean verdes y que tengan la capacidad de realizar la fotosíntesis,<sup>21</sup> sin embargo, algunas especies si presentan esta característica, por ejemplo la subfamilia Pereskioideae que posee hojas fotosintéticas, con nervaduras, no suculenta y abundante, y por otro lado la subfamilia Opuntioideae donde las hojas están modificadas como resultado de la adaptación, son algo suculentas, sin nervaduras y variables en forma y tamaño.<sup>1</sup>

### **2.2.5.5. Areolas**

Son órganos exclusivos de los cactus, consisten en brotes axilares o laterales que son muy especializados.<sup>21</sup> Son órganos muy semejantes a yemas axilares que brotan en los otros grupos de plantas, las areolas son estructuras afelpadas,

de donde emergen las espinas, los pelos, las hojas, las flores, ramas y los frutos.<sup>3</sup>

#### **2.2.5.6. Espinas**

Las espinas, vienen a ser una característica resaltante de los cactus, estas son hojas modificadas que emergen a partir de las areolas en medio de un indumento de tricomas pluricelulares, aparecen en todos los géneros de cactáceas, al menos durante las primeras etapas de su vida, generalmente se observan las espinas centrales y radiales.<sup>3</sup>

Sin embargo, las espinas no son estructuras que se observan solo en cactus, pero el papel más importante de estas es la protección, evitando ser depredadas por animales que habitan en las zonas áridas, además protegen a los tallos de la alta radiación solar, en el género *Opuntia* se observan, los denominados quepos, cuyo nombre botánico es “gloquidios” que representan las espinas de las tunas.<sup>1</sup>

#### **2.2.5.7. Flores**

Existe gran admiración por las flores de los cactus, estas tienen colores muy vistosos, pero son flores efímeras que poseen corta duración, se sabe que sólo florecen las plantas adultas.

La mayoría de especies poseen flores hermafroditas, que tienen los órganos sexuales masculinos y femeninos en la misma flor, el receptáculo viene a ser un tallo modificado que cubre y brinda protección al ovario, en ocasiones conforma un tubo floral, mostrando en la flor estructuras como areolas, escamas, pelos, cerdas y/o espinas.<sup>1</sup> Algunas presentan nectarios que se ubican en la base de los estambres y por encima del ovario, son glándulas que producen el néctar, sustancia que se hace atractiva para algunas aves e insectos que realizan un importante proceso para la continuidad de la especie, la polinización cruzada.

También las flores en ocasiones surgen de una estructura llamada cefalio, estructura especial formada por una agrupación de pelos y cerdas, donde las areolas están muy juntas.<sup>1</sup>

#### **2.2.5.8. Frutos**

Del mismo modo que las flores, los frutos poseerán en algunos casos areolas, escamas, pelos y espinas.<sup>1</sup> Los frutos son comestibles en su mayoría, pues son del tipo bayas siendo carnosos y de sabor agradable, en los géneros *Matucana* y *Oroya* no son comestibles, pues son frutos secos.

Todos los frutos de cactus tienen una sola cavidad donde encontraremos las semillas y los funículos carnosos y dulces que forman la pulpa.<sup>1</sup> Pueden ser

indehiscentes, es decir, que no se abren al madurar, o dehiscentes, los que se abrirán cuando llegue la madurez.

#### **2.2.6. Comunidad vegetal**

La vegetación que encontramos en un ecosistema es el producto de los factores ambientales y el conjunto de poblaciones que habitan en ese ecosistema, además de la intervención de los factores como el clima, suelo, nutrientes y los factores antrópicos.<sup>23</sup> En la naturaleza las especies no viven solas, por el contrario, viven en una constante interacción entre distintas especies, ya sean plantas y animales, incluyendo los factores físicos.

Este conjunto de poblaciones dentro de un área se denomina comunidad, que viene a ser “cualquier conjunto de poblaciones de organismos vivos en un área o un hábitat dado”.<sup>24</sup>

#### **2.2.7. Características de las comunidades vegetales**

Los atributos de las comunidades vegetales pueden ser medidos y cuantificados, podemos mencionar cinco características principales según Krebs:<sup>24</sup>

1. Diversidad de especies, está conformada por el total de especies en una comunidad.
2. Estructura y formas de crecimiento, las comunidades vegetales se pueden separar en herbáceas, arbustivas y arbóreas.
3. Predominio, algunas especies son dominantes, es decir, son las que tienen mejor éxito en una comunidad.
4. Abundancia relativa, es el valor de las proporciones relativas de las poblaciones que conforman una comunidad.
5. Estructura trófica, el flujo de materia y energía está estructurado en redes tróficas bastante complejas por la cantidad de especies presentes.

#### **2.2.8. Área mínima de la comunidad**

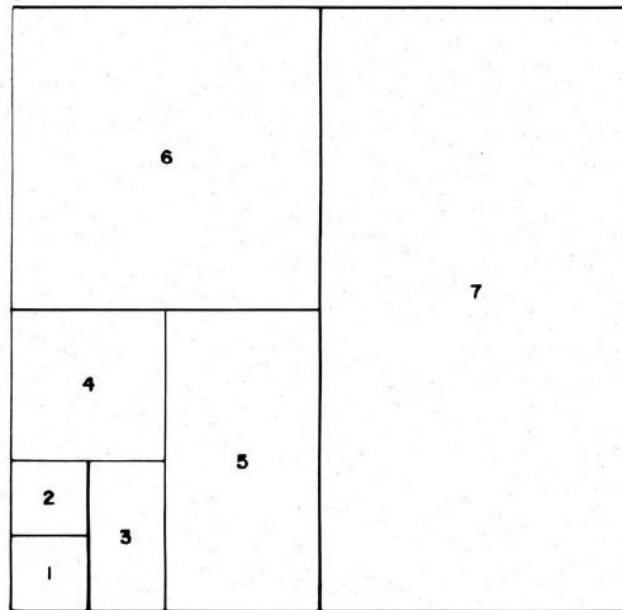
“El concepto de área mínima de la comunidad surge del criterio de que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal”.<sup>23</sup> La unidad muestral, constituye la unidad básica de análisis sobre la que se debe realizar el registro de la flora y las mediciones de sus variables se hace representativo para evaluar las características de la comunidad.

#### **2.2.9. Curva de acumulación de especies**

La curva de acumulación de especies es el método más difundido para determinar el área mínima, este método consiste en seleccionar una unidad

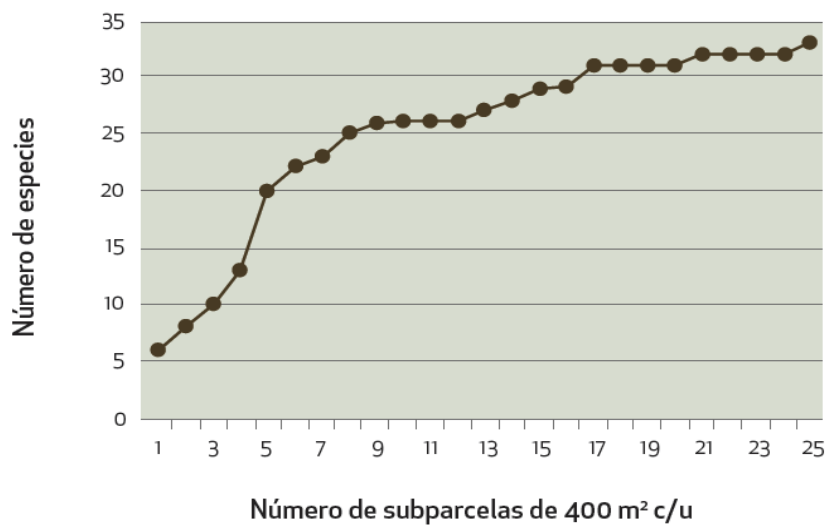
muestral pequeña y en contar el número de especies presentes en ésta, posteriormente duplicar la superficie extendiendo la unidad anterior y se cuenta el número de especies nuevas que aparecen en la unidad duplicada como se observa en la figura 1, este procedimiento se realizara hasta que el número de especies nuevas disminuye al mínimo.<sup>23</sup>

Posteriormente se procede a graficar una curva, que representara en sus ejes el número de especies y el tamaño del cuadrante como se observa en la figura 2.



**Figura 1.** Modelo de muestreo para determinar el área mínima de la comunidad.<sup>23</sup>

En las aplicaciones en campo, se ha demostrado que mientras se incrementa la superficie del cuadrante, aumenta también el número de especies, sin embargo, este incremento va disminuyendo hasta que resulta muy bajo o nulo.<sup>25</sup>



**Figura 2.** Curva de acumulación de especies.<sup>25</sup>



### **2.2.10. Muestreo por cuadrantes**

Es muestreo por cuadrantes consiste en colocar un cuadrado de cualquier tamaño sobre la vegetación para medir la densidad, cobertura, frecuencia y otros parámetros de poblaciones vegetales. El cuadrante puede ser de diferentes tamaños, dependiendo de la densidad de los individuos y su distribución, para determinar el tamaño del cuadrante es necesario realizar pre-muestreos,<sup>26</sup> para evitar que los cuadrantes tengan mucha ausencia de individuos o sean demasiado grandes y requieran mucho tiempo para su evaluación.

El muestreo por cuadrantes, considerándose cuadrantes a los cuadrados y rectángulos, actualmente viene a ser uno de los métodos más utilizados para realizar el muestreo de la vegetación, puesto que, los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos,<sup>26</sup> además los cuadrantes largos cruzan más parches de vegetación, esto se debe a la heterogeneidad del hábitat, ya que, las áreas nunca son uniformes y los organismos generalmente se distribuyen de manera algo irregular dentro de La zona de muestreo general .<sup>24</sup>

### **2.2.11. Ecuación de Clench**

La ecuación de Clench es un método utilizado para brindar validez a los inventarios de flora y fauna; es decir, para hacer confiable el estudio de la riqueza específica en determinados territorios, este método consiste en la extrapolación de la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la asíntota de la curva.

En general, cuando utilizamos el modelo de Clench y se compara con el número de individuos o de registros en una base de datos como unidad de esfuerzo, se puede concluir que a partir de proporciones superiores al 70% la evaluación de la riqueza específica se hace confiables.<sup>27</sup>

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Características ecológicas**

Las comunidades vegetales se analizan en función de su composición de atributos o características, las cuáles nos permiten conocer diferentes parámetros propios de la comunidad, estas características nos brindarán información del estado de conservación de las especies que conforman una comunidad, pues nos permitirá conocer la composición florística, la distribución espacial de las poblaciones, su abundancia y su estructura poblacional.

Las variables que se estudian en una comunidad vegetal, constituyen características observables y medibles de las plantas y se registran durante los trabajos en campo con la finalidad de poder caracterizar la vegetación,<sup>25</sup> entonces describiremos a continuación algunos parámetros que se miden para poder caracterizar una comunidad vegetal.

### **2.3.2. Abundancia**

La abundancia absoluta se refiere al número de individuos de cada especie en un área determinada, valor que obtendremos a partir de un muestreo, por su parte, la abundancia relativa se refiere al número de individuos de cada especie (n) en relación a la cantidad total de individuos de todas las especies (N), expresado en porcentaje.<sup>25</sup>

La abundancia de individuos de una población en una comunidad varía desde las especies comunes que son más abundantes hasta las especies raras que son menos abundantes.<sup>23</sup> Este parámetro permite conocer el tamaño de la población de una especie, con el fin de tomar medidas o decisiones adecuadas cuando se trate de especies con escasa población como los cactus.

### **2.3.3. Densidad**

La densidad de una población se define como el número de individuos en un área determinada, y se estima a partir del conteo del número de individuos en un área. Pero si se quieren usar esos datos para establecer diferencias o similitudes entre comunidades o entre distintas poblaciones, se recomienda realizar varias estimaciones de la densidad de las poblaciones dentro de cada comunidad para poder calcular la desviación estándar de cada muestra y tener una aproximación más precisa.<sup>23</sup>

Existen diversos factores que influyen en la densidad de los cactus, por ejemplo, la luz solar, sin embargo, la exposición directa o no de las poblaciones a la luz solar no constituye un elemento concluyente en la mayor o menor acumulación de individuos, pero si combinamos este factor con la acción de otros sí puede llegar a influir en las densidades poblacionales y distribuciones espaciales.<sup>28</sup>

### **2.3.4. Distribución espacial**

El patrón espacial de una especie se refiere a la distribución que presenta esta especie en el espacio, es necesario aclarar que utilizaremos la palabra "patrón" para designar la ubicación o el ordenamiento espacial de los individuos de una especie en un área determinada, puesto que la palabra "patrón" posee también una definición estadística.<sup>23</sup>

De esta manera los individuos de una especie evaluados dentro de una comunidad pueden poseer patrones de distribuciones al azar, agrupadas o uniformes; la forma más común de hallar esta distribución es el índice de dispersión, que viene a ser el cociente varianza/media.

### **2.3.5. Tipos de distribución espacial**

Las poblaciones en el terreno pueden distribuirse en tres patrones:

- **Distribución al azar:** Los individuos se localizan al azar en la zona de estudio.<sup>29</sup>
- **Distribución agregada:** La especie forma grupos en lugares específicos, debido a las condiciones ambientales y a los comportamientos gregarios que generan mayor probabilidad de supervivencia.<sup>29</sup> La mayoría de las poblaciones de plantas, poseen este tipo de distribución, porque las semillas y plántulas se establecen a manera de grupos.<sup>30</sup>
- **Distribución uniforme:** Cuando existen fuerzas de repulsión o competencia entre individuos de una misma especie que los llevan a ocupar mayores áreas, se trata de especies territoriales.<sup>29</sup>

### **2.3.6. Estructura poblacional**

La importancia de la estructura poblacional radica en que brinda información sobre la conformación de las poblaciones en base a diferentes criterios como la edad, sexo, tamaños y reproducción de individuos, además, permite conocer si en las condiciones naturales del hábitat se está dando el reclutamiento,<sup>31</sup> pues el análisis de las poblaciones permiten conocer la cantidad de individuos jóvenes de acuerdo a su edad o tamaño, pudiendo determinar si el hábitat es óptimo para la reproducción de especies.

### **2.3.7. Reclutamiento**

El reclutamiento de nuevos individuos, es el resultado combinado de los procesos que participan en la dinámica de bancos de semillas del suelo y en los patrones de establecimiento de las plántulas.<sup>32</sup>

## **2.4. Marco legal**

Constitución Política del Perú<sup>33</sup>

Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente<sup>34</sup>

Ley N° 29763 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre<sup>35</sup>

Decreto Supremo N° 043-2006-AG, que aprueba la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre<sup>36</sup>

Resolución de Dirección General N° 181-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Resolución ministerial N° 0505-2016-MINAGRI, que aprueba la pre publicación de los anexos I y II que contienen las listas de Clasificación Oficial de Especies de Flora Silvestre Clasificadas como Amenazadas<sup>37</sup>

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

##### 3.1.1. Ubicación política

Departamento : Ayacucho  
Provincia : Huamanga  
Distritos : Pacaycasa y Quinua  
Área de estudio : Complejo Arqueológico Wari

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

El Complejo Arqueológico Wari, se encuentra a 20 kilómetros de la ciudad de Ayacucho, y su extensión va desde el puente Ocopa hasta la repartición Quinua – Acos vinchos, comprendiendo en su mayoría el distrito de Pacaycasa y parte del distrito de Quinua.

Zona : 18 L  
Este (m) : 586944  
Sur (m) : 8555907  
Altitud (m.s.n.m.) : 2750

##### 3.1.3. Área

El área de estudio corresponde a la extensión del Complejo Arqueológico Wari, corresponde un total de 1747 ha, de acuerdo al mapa obtenido en el servidor web [sigda.cultura.gob.pe](http://sigda.cultura.gob.pe) del Ministerio de Cultura para el Complejo Arqueológico Wari y transportado al programa Arcgis 10.3.

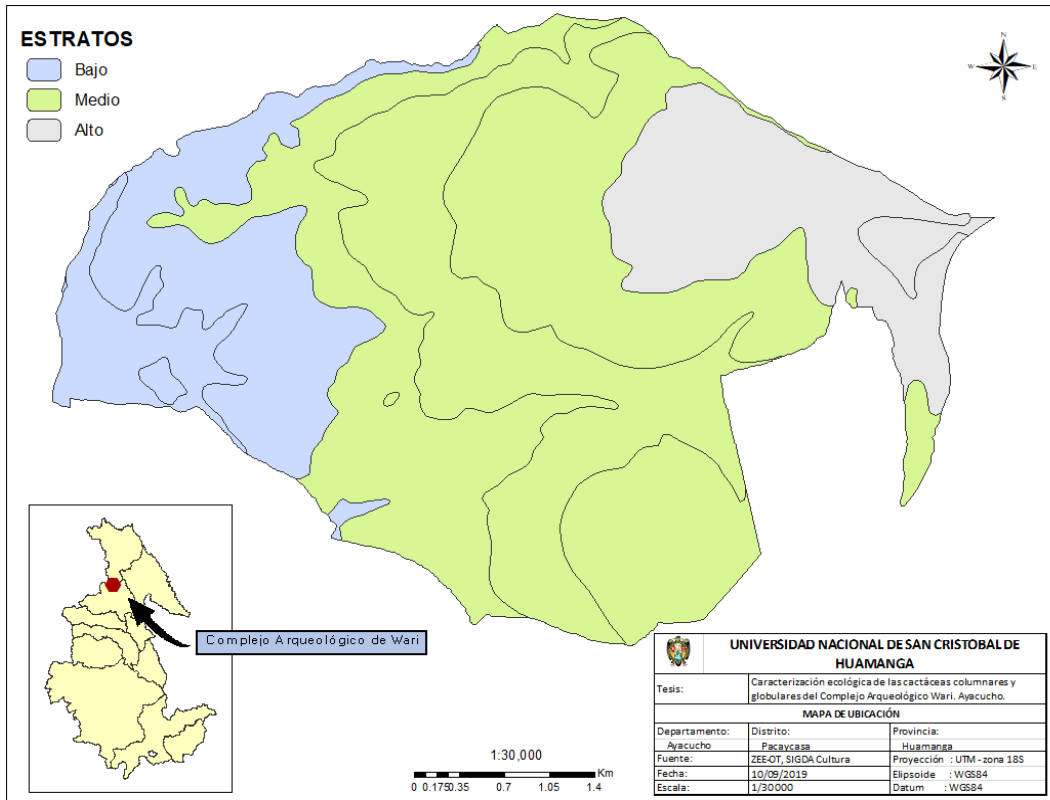


Figura 3. Mapa de ubicación del Complejo Arqueológico Wari dividido por estratos

### 3.2. Características de la zona de estudio

#### 3.2.1. Cobertura vegetal

El Ministerio del Ambiente publicó el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal a través del cual se obtuvo la información de la cobertura vegetal presente en Wari, determinando que existen las siguientes (ver figura 4):<sup>38</sup>

- **Agricultura Andina:** Corresponde a todas las áreas donde se realiza actividad agropecuaria, pueden ser tierras activas o en descanso, tal como se observó en Wari, gran parte de este comprende a este tipo de cobertura vegetal, porque las poblaciones de Pacaycasa, Huayllapampa, los centros poblados de Huacahurara, Pampachacra y Muruncancha se dedican a la actividad agropecuaria.
- **Matorral Arbustivo:** Este tipo de cobertura vegetal se encuentra distribuido ampliamente en la región andina, desde aproximadamente 1500 hasta 3800 m. s. n. m. en la zona sur y centro del país, se encuentran zonas áridas y semiáridas. Se encuentran especies como: *Dodonea viscosa* (“chamana”), *Echinopsis pachanoi* (“San Pedro”), *Agave americana* (“maguey azul”), *Bidens sp.* (“sillkaw”), *Acacia macracantha* (“huarango”), *Schinus molle* (“molle”) y *Caesalpinea spinosa* (“tara”).

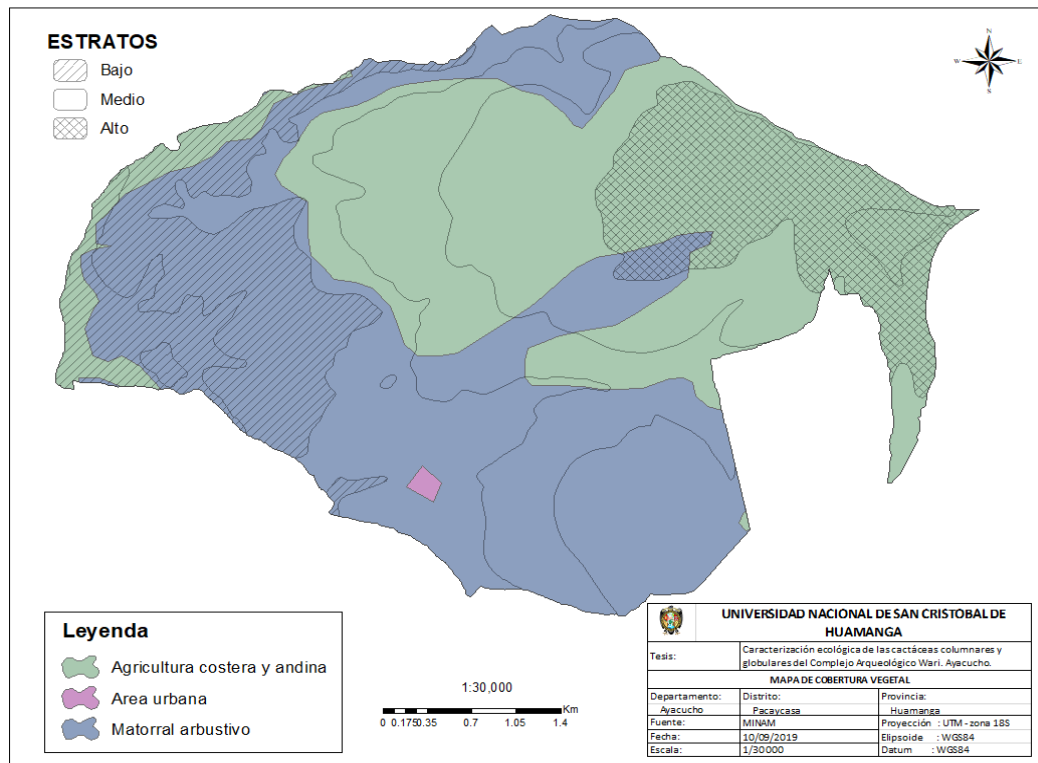


Figura 4. Mapa de Cobertura Vegetal del Complejo Arqueológico Wari.<sup>38</sup>

### 3.2.2. Zonas de vida

El Complejo Arqueológico Wari, según la clasificación de la ZEE-OT, posee dos zonas de vida:<sup>5</sup>

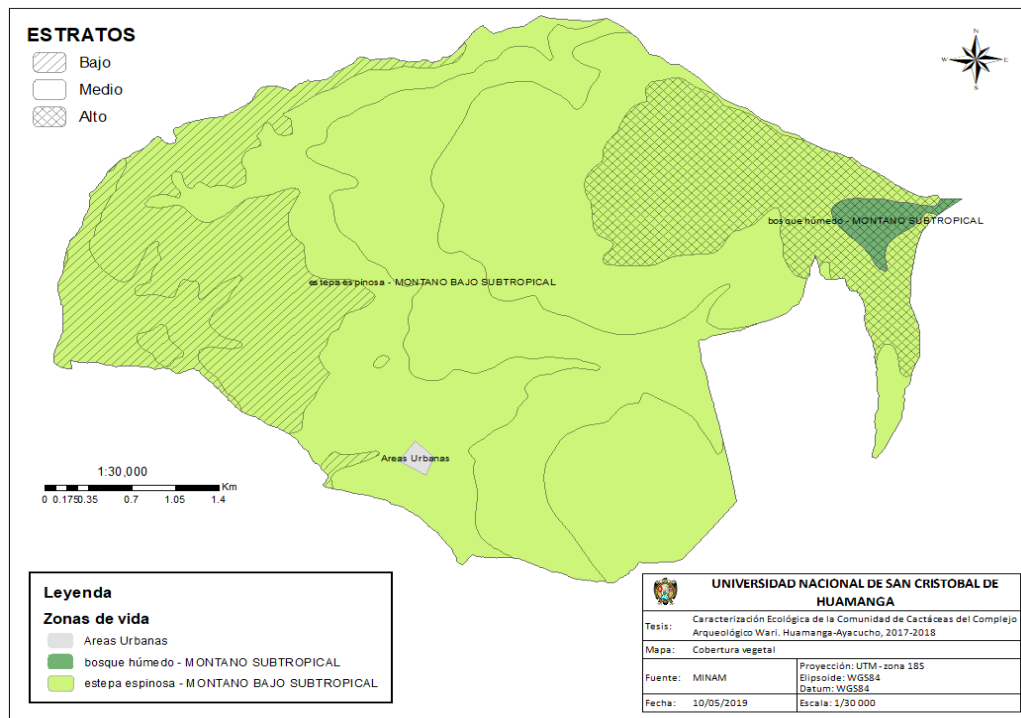


Figura 5. Mapa de Zonas de vida del Complejo Arqueológico Wari<sup>5</sup>

- **Estepa espinosa – Montano bajo subtropical (ee-MBS):** representa el 98.5% del área de estudio, presenta una precipitación anual entre 400 a 800 mm y una temperatura comprendida entre los 12 y 16°C, la vegetación predominante son las especies xerofíticas, como las especies de cactáceas, además especies como *Schinus molle* “molle”, *Acacia macracantha* “Huarango” *Bidens pilosa* “sillkau”.
- **Bosque húmedo – Montano subtropical (bh-MS):** representa solamente el 1.3% del territorio, se ubica cerca al límite con el distrito de Quinua; sin embargo, la población utiliza este territorio para la agricultura y viviendas.

### 3.2.3. Clima

Según Antonio Brack, Wari presenta un clima templado cálido en las partes bajas y el templado frío en las partes altas, este clima es típico de territorios del lado occidental de la Cordillera de los Andes, con altitudes entre 1000 a 3800 m.s.n.m.<sup>39</sup>

Según el mapa climático nacional Wari posee un clima de tipo semiseco frío, corresponde a los valles interandinos bajos e intermedios entre los 1000 y 3000 m.s.n.m, con temperaturas mayores a los 20°C y una precipitación anual por debajo de los 500 mm.<sup>40</sup> Sin embargo, de acuerdo a la altitud esta puede variar.

## 3.3. Diseño metodológico

### 3.3.1. Población y muestra

La población estuvo conformada por todos los individuos de las especies de cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.

La muestra estuvo conformada por los individuos de las especies de cactáceas columnares y globulares de cactáceas estudiadas en los 21 cuadrantes evaluados en el Complejo Arqueológico Wari.

### 3.3.2. Tipo de muestreo

En la presente investigación se siguió el muestreo de tipo aleatorio estratificado según la Guía de inventario de la Flora y Vegetación.<sup>25</sup>

Se evaluaron dos estratos: bajo (2500-2600 m.s.n.m.) y medio (2600-2800 m.s.n.m.), obviando el estrato alto (2800-2900 m.s.n.m.), considerado en el proyecto, puesto que casi en su totalidad corresponde a dos centros poblados, Huacahurara y Pampachacra, dedicados a labores de cultivo, por lo que se decidió obviar este estrato a fin de evitar variables espurias.

### 3.3.3. Cálculo del área mínima del cuadrante

Se siguió la técnica del área mínima explicada por Matteucci y Colma,



determinando un área de 20 x 40 m<sup>2</sup>, para esto se realizaron tres ensayos del procedimiento en ambos estratos evaluados (Estrato bajo y estrato medio).<sup>23</sup>

#### **3.3.4. Forma de la unidad muestra**

Se utilizó el método de cuadrantes o parcelas,<sup>20</sup> cuyo tamaño fue de 20 m x 40 m, equivalente a 0.08 ha. Se eligieron al azar a través del programa Google Earth Pro, 21 cuadrantes, 11 cuadrantes en el estrato bajo y 10 cuadrantes en el estrato medio, los cuadrantes fueron ubicados en campo con la ayuda de un GPS.

#### **3.3.5. Número de cuadrantes**

El cálculo del número de cuadrantes se determinó utilizando la siguiente fórmula:<sup>20,26</sup>

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 + CV^2}{N}}$$

Dónde:

$n$  = número de unidades muestrales

$E$  = error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro

$t$  = valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student ( $t = 0.05$ )

$N$  = total de unidades muestrales en toda la población

$CV$  = coeficiente de variación obtenido del muestreo piloto

A través de la fórmula se determinó el número de unidades muestrales, siendo en total 21 cuadrantes, repartidos de la siguiente manera: 11 cuadrantes en el estrato bajo y 10 cuadrantes en el estrato medio.

#### **3.3.6. Tipo de investigación**

Descriptivo simple

#### **3.3.7. Recolección de datos**

##### **3.3.7.1. Identificación de especies**

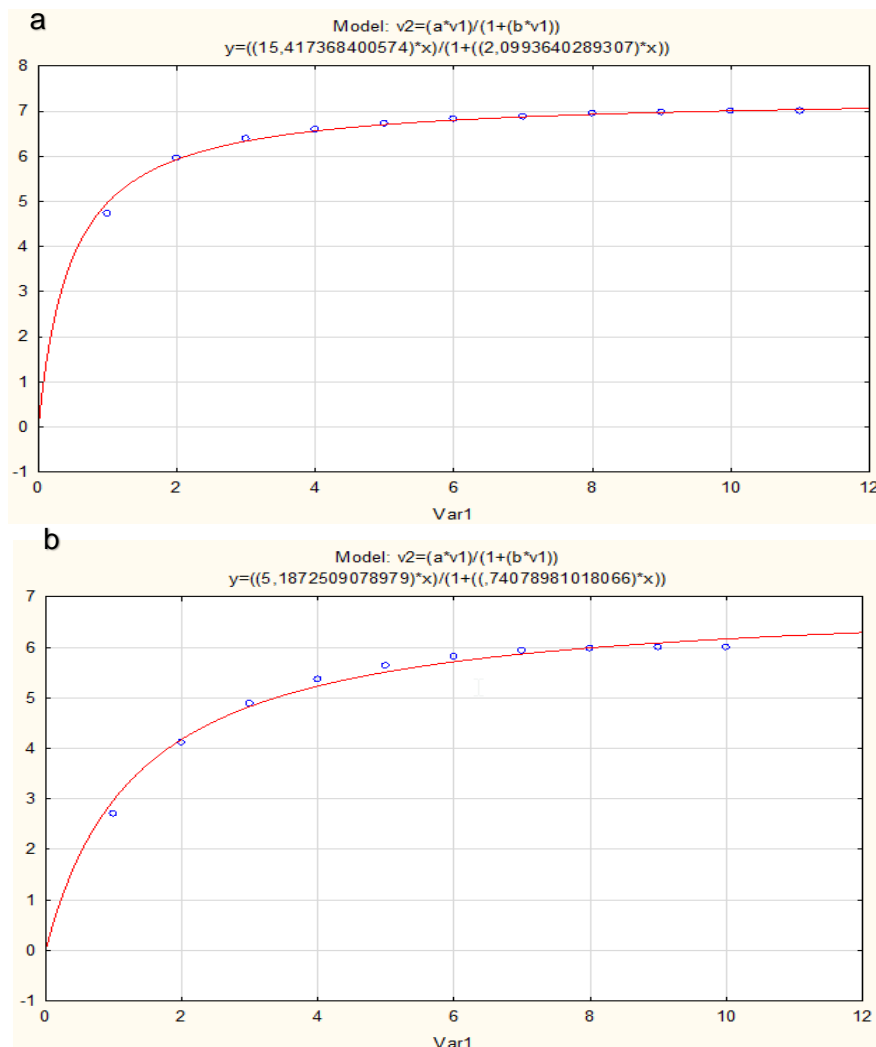
Se colectaron y herborizaron especímenes de todas las especies evaluadas, las cuales fueron depositadas en el herbario del Museo de Historia Natural de la UNMSM. Los datos tomados en campo de los especímenes extraídos fueron: coordenadas UTM, fecha de colecta y características morfológicas, posteriormente se realizaron los procedimientos convencionales para este tipo de plantas. Para la identificación de especies se recurrió a las siguientes fuentes bibliográficas, Todos los Cactus del Perú (Ostolaza, 2014), 101 Cactus del Perú (Ostolaza, 2011), The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the

Cactus Family (Britton & Rose, 1919) y el Manual de Cactus. Identificación y Origen (Ceroni & Castro, 2013).

### 3.3.7.2. Confiabilidad del muestreo para la riqueza específica

Uno de los métodos para estimar el esfuerzo necesario para muestrear la riqueza de especies es la función de acumulación conocida como la ecuación de Clench.<sup>41</sup>

Para los ajustes de las curvas de acumulación de especies a través de los modelos de Clench se utilizó el software STATISTICA. Se evaluaron 10 cuadrantes en el estrato bajo con una confiabilidad de 95.32% (Figura 4a) y 11 cuadrantes en el estrato medio con una confiabilidad de 85.69% (Figura 4b), haciendo un total de 21 cuadrantes.



**Figura 6. a)** Ajuste de la curva de acumulación de especies de cactáceas columnares y globulares a la ecuación de Clench para el estrato bajo. R2= 0,985 **b)** Ajuste de la curva de acumulación de especies de cactáceas columnares y globulares a la ecuación de Clench para el estrato medio. R2= 0,984.

### 3.3.7.3. Evaluación de la densidad

Se contabilizaron los individuos de cada especie dentro de los cuadrantes, para ello se utilizó la siguiente fórmula:<sup>25</sup>

$$D = \frac{N}{A}$$

Dónde:

D = densidad

N = Número total de individuos

A = Área total

### 3.3.7.4. Evaluación de la estructura poblacional

Se evaluaron los tamaños de los individuos, medidos en metros, y se establecieron categorías de acuerdo a la altura obtenida de los individuos de cada especie, debido a que actualmente no se cuenta con métodos formales para la determinación de la estructura poblacional.<sup>20</sup>

### 3.3.7.5. Evaluación de la distribución espacial

Se utilizó la relación varianza ( $S^2$ )/ media ( $X$ ), este cociente se conoce como índice de dispersión, y se basa en el hecho de que en la distribución de Poisson, para un patrón al azar la varianza equivale a la media:<sup>24</sup>

$\frac{S^2}{X} < 1$ , presenta distribución uniforme.

$\frac{S^2}{X} = 1$ , presenta distribución al azar.

$\frac{S^2}{X} > 1$ , presenta distribución amontonada.

### 3.3.8. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos y la generación de tablas y figuras se utilizaron los programas Excel 2016 y Minitab 18.

## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Identificación de las especies de Cactáceas columnares y globulares

**Tabla 2.** Especies de cactáceas columnares y globulares identificadas en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

N°	Especie	Sinonimia	Subfamilia
1	<i>Lobivia zecheri</i> Rausch	<i>Lobivia backebergii</i> subsp. <i>zecheri</i> (Rausch) Rausch ex G.D. Rowley *	Cactoideae
2	<i>Corryocactus ayacuchoensis</i> Rauh & Backeberg	<i>Corryocactus ayacuchoensis</i> var. <i>leucacanthus</i> Rauh & Backeberg *	Cactoideae
3	<i>Cylindropuntia tunicata</i> (Lehmann) F.M. Knuth	<i>Opuntia tunicata</i> (Lehmann) Pfeiff *	Opuntoidea
4	<i>Echinopsis peruviana</i> (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley	<i>Trichocereus peruvianus</i> Britton & Rose **	Cactoideae
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i> subsp. <i>exaltata</i> (Berger) Hunt	<i>Austrocylindropuntia exaltata</i> (Berger) Backeberg *	Opuntoidea
6	<i>Oreocereus doelzianus</i> (Backeberg) Borg	<i>Morawetzia doelziana</i> Backeberg *	Cactoideae
7	<i>Cleistocactus morawetzianus</i> Backeberg	<i>Cleistocactus villaazulensis</i> F.Ritter *	Cactoideae

\* La sinonimia se obtuvo de la página web: <http://www.theplantlist.org/>

\*\* La sinonimia se obtuvo de Todos los Cactus del Perú<sup>1</sup>

### ***Lobivia zecheri* Raush**

Cactus globular, cuando crece puede ser cilíndrico, a veces forma colonias, de 6 a 7 cm de diámetro, cuerpo de color gris azulado verde a menudo teñido de púrpura en las costillas; 12 a 18 costillas rectas o ligeramente espirales; de 7 a 9 u 11 espinas radiales, 0 o 1 espina central de forma acicular, de hasta 8 cm de largo; flor de 3 a 4 cm de largo, de color rojo púrpura, blanco al interior, pistilo y filetes de estambres rosa púrpura a rojo; fruto de forma globular de 10 mm de diámetro; semillas de hasta 2 mm de diámetro. Distribución: Perú, entre Ayacucho y Huanta.<sup>42</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 01, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

### ***Corryocactus ayacuchoensis* Rauh & Backeberg**

Cactus columnar, de 1 a 2 m de alto, posee ramificación basal; costillas de 5 a 7, espinas blancas a amarillo-marrón, espinas radiales de 8 a 10 de 2 cm de largo, centrales 3 de 3,5 a 5 cm de largo; flor rojo-naranja de 4 a 5 cm de largo y 5 cm de ancho; fruto verdoso de 2,5 a 3,5 cm; semillas de color negro-marrón. Distribución: Mariscal Cáceres, antes La Mejorada, Huancavelica; Ayacucho, 2700 m.s.n.m.<sup>1</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 02, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

### ***Cylindropuntia tunicata* (Lehmann) F.M. Knuth**

Cactus columnar con ramificación densa, 30 a 60 cm de alto, segmentos verdes, tuberculados, que se desprenden con facilidad. Gloquidios 0,5 a 1,2 mm de largo; espinas 5 a 12, en casi todas las areolas, amarillas, como agujas, de 3 a 6 cm de largo, con cubierta papirácea blanca. Distribución: Valle del Mantaro, Ayacucho, Arequipa, Cuzco.<sup>1</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 03, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

### ***Echinopsis peruviana* (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley**

Cactus arbustivo, de cuerpo erecto al inicio, a veces se arquea y cuelga de los riscos, hasta 5 m de alto, sin embargo, en condiciones naturales sobrepasa esa altura, color azul-verdoso, de 6 a 15 cm de diámetro; costillas 4 a 9, anchas,

redondeadas; presenta surcos en V sobre las areolas; espinas 10, desiguales, de 4 cm de largo; flores infundibuliformes, blancas, fragantes, de 22 a 25 cm de largo; fruto de 5 cm de largo y diámetro, verde, redondeado, dehiscente. Distribución: Se encuentra en toda la región andina de 2000 a 3000 m.s.n.m.<sup>1</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 04, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

***Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata* (Berger) Hunt**

Cactus columnar, muy ramificado en forma de árbol, de hasta 4 m de altura<sup>21</sup>; difiere de la especie en ser más alta, tener ramas más largas, verde glauco; tubérculos más alargados; hojas más cortas; espinas amarillo-marrón hasta 13 cm; flores rojo-naranja que no se abren completamente, hasta 6 cm de largo; fruto esférico u ovoide, a veces espinoso, con pocas semillas, 1 a 4. Distribución: Lima, Ayacucho, Junín, Arequipa, Cuzco, Puno, 1800 a 2650 m.s.n.m.<sup>1</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 05, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

***Oreocereus doelzianus* (Backeberg) Borg**

Cactus columnar, arbustivo y de ramificación basal, tallos cilíndricos, de 60 a 80 cm de altura; 10 a 11 costillas; espinas amarillas a marrón oscuro, espina central fuerte de 4 cm de largo, espinas radiales 10 a 20 de 3 cm de largo, ápice de los tallos floríferos con largos pelos blancos lanosos y cerdas blanco-amarillentas, hasta 5 cm de largo; flores apicales color rojo carmín, de 8 a 10 cm de largo y 3 cm de diámetro; fruto color amarillo – verde, con abundantes semillas color negro. Distribución: Alcomachay, cerca de Huanta, Ayacucho; Auco, Huancavelica, Perú. 2000 m.s.n.m.<sup>1</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 06, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

***Cleistocactus morawetzianus* Backeberg**

Cactus columnar en forma de árbol, con ramificación basal, de 2 m de alto y hasta 8 cm de diámetro, color verde-gris; costillas 12 a 14 con surcos transversales; espinas doradas, luego blanco-grisáceo con las puntas oscuras y

engrosamiento basal, 2 a 3 centrales de 5 cm de largo, hasta 14 radiales de 1,5 cm de largo; flor recta o doblada hacia abajo por encima del ovario, color verde pálido a rosado, 5,5 cm. de largo y 1 cm de diámetro, perianto apenas abierto, estilo exerto; fruto rojo o marrón de 2 cm de diámetro; semillas negras, carinadas<sup>1</sup>. Distribución: Valle de Chacco, Pacaycasa, Compañía, desde Ayacucho al límite con Huancavelica a 2000 m.s.n.m.<sup>1,6</sup> (Anexo 10)

- Exsicata. Número de muestra: 07, departamento Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Pacaycasa, lugar: Complejo Arqueológico Wari, Colector: Ochoa, D. Ubicación: Herbario UNMSM - Museo de Historia Natural.

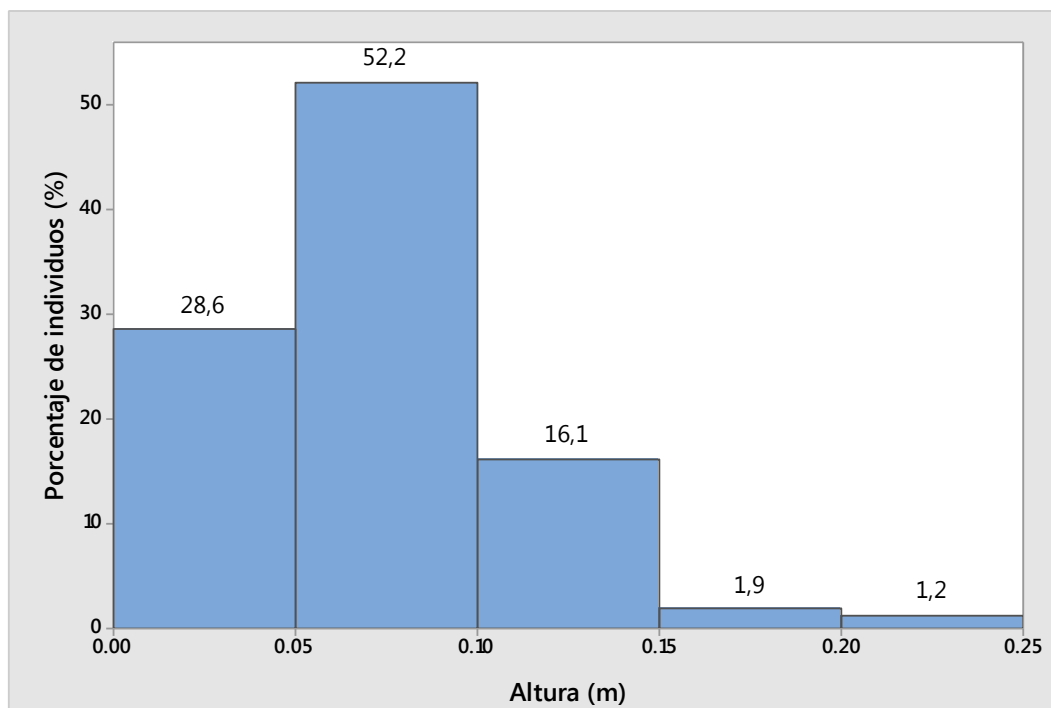


#### 4.2. Densidad de las cactáceas columnares y globulares

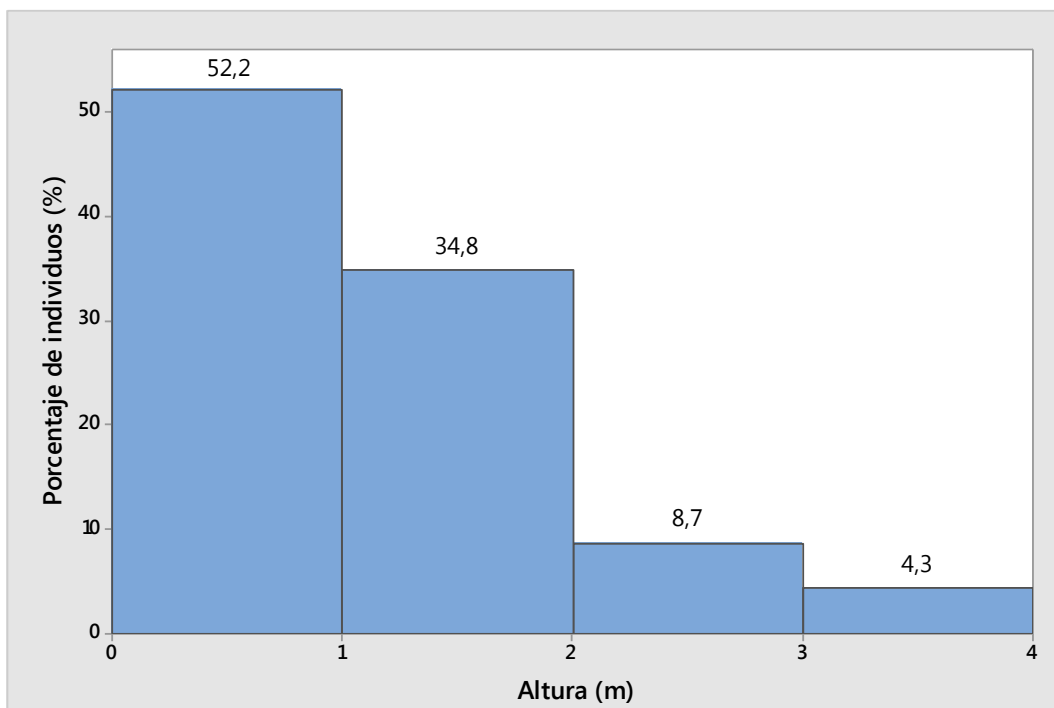
**Tabla 3.** Densidad de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

<b>Especie</b>	<b>N° Plantas</b>	<b>Plantas / ha</b>
<i>Lobivia zecheri</i>	161	96
<i>Corryocactus ayacuchoensis</i>	23	14
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	42	25
<i>Echinopsis peruviana</i>	65	39
<i>Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata</i>	113	67
<i>Oreocereus doelzianus</i>	53	32
<i>Cleistocactus morawetzianus</i>	12	7

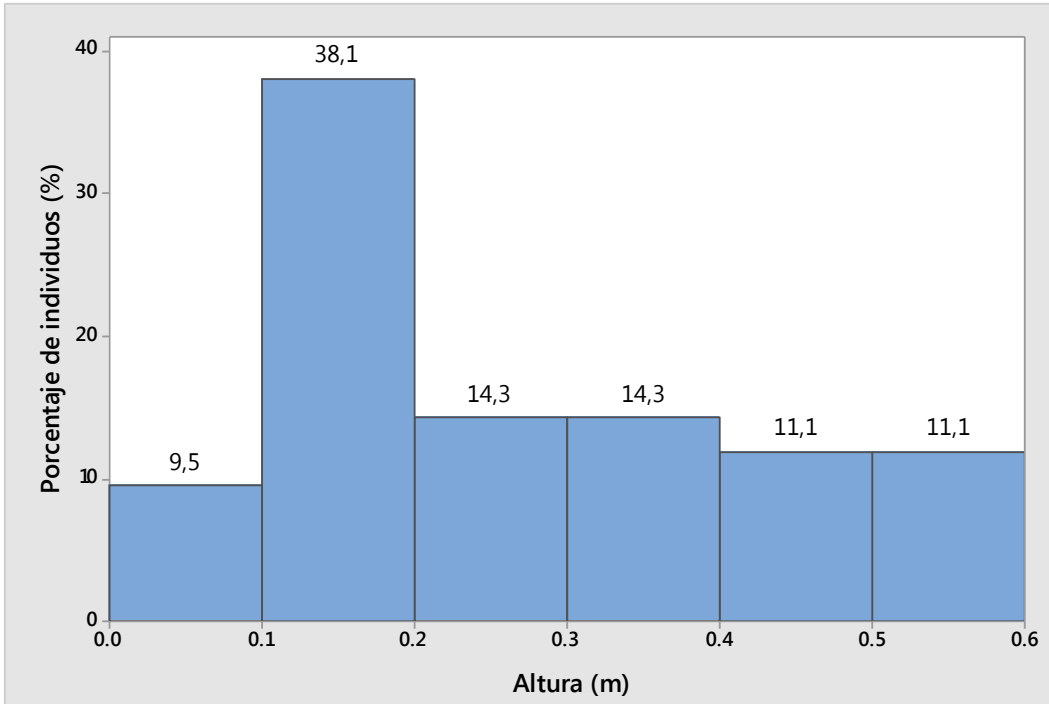
### 4.3. Estructura poblacional de las cactáceas columnares y globulares



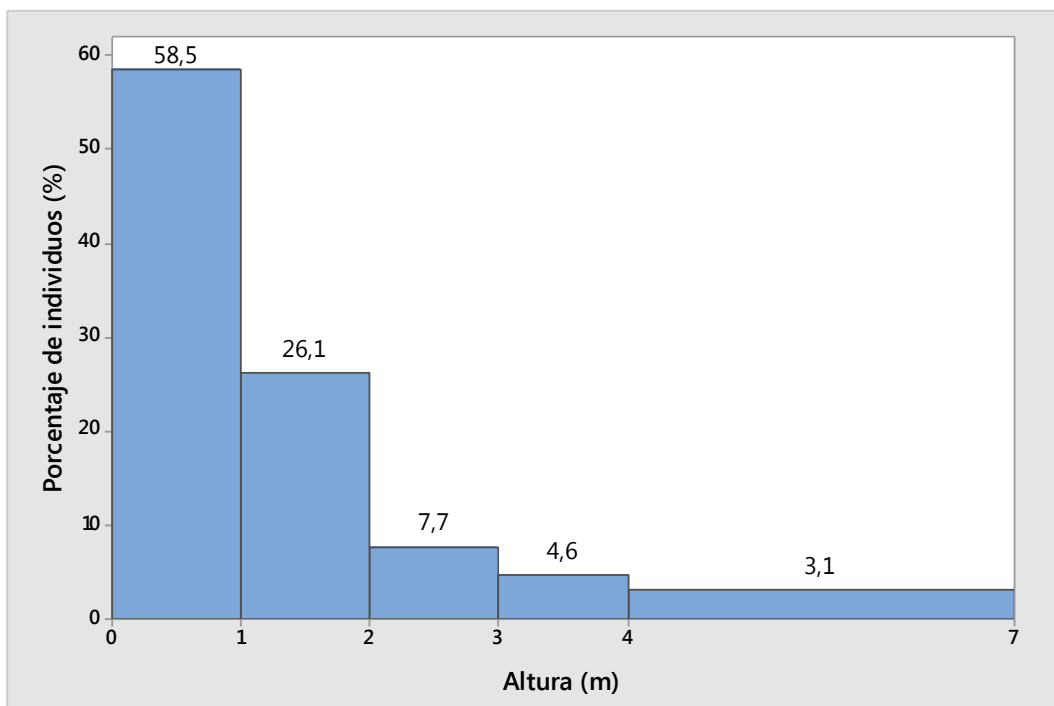
**Figura 7.** Porcentaje de individuos de *Lobivia zecheri* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



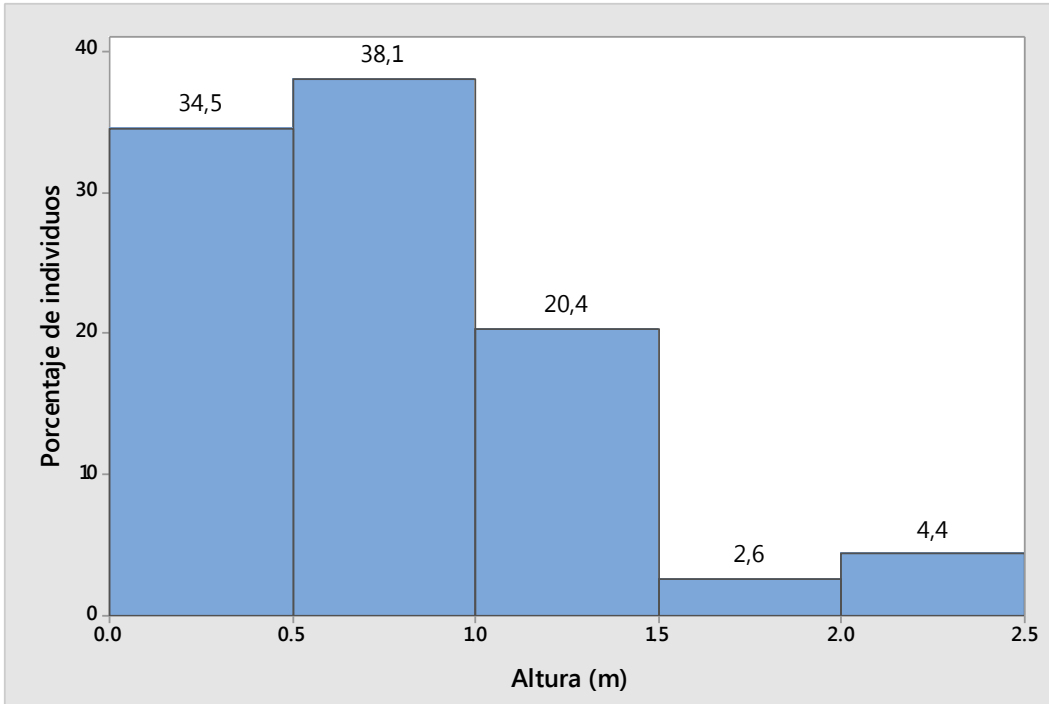
**Figura 8.** Porcentaje de individuos de *Corryocactus ayacuchoensis* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



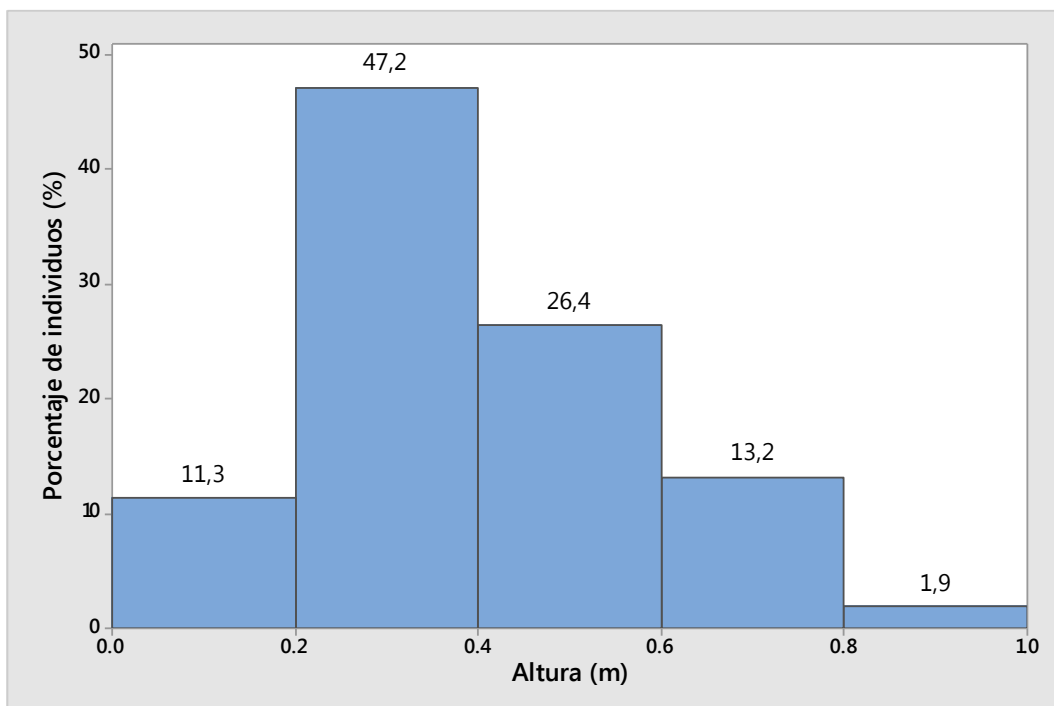
**Figura 9.** Porcentaje de individuos de *Cylindropuntia tunicata* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



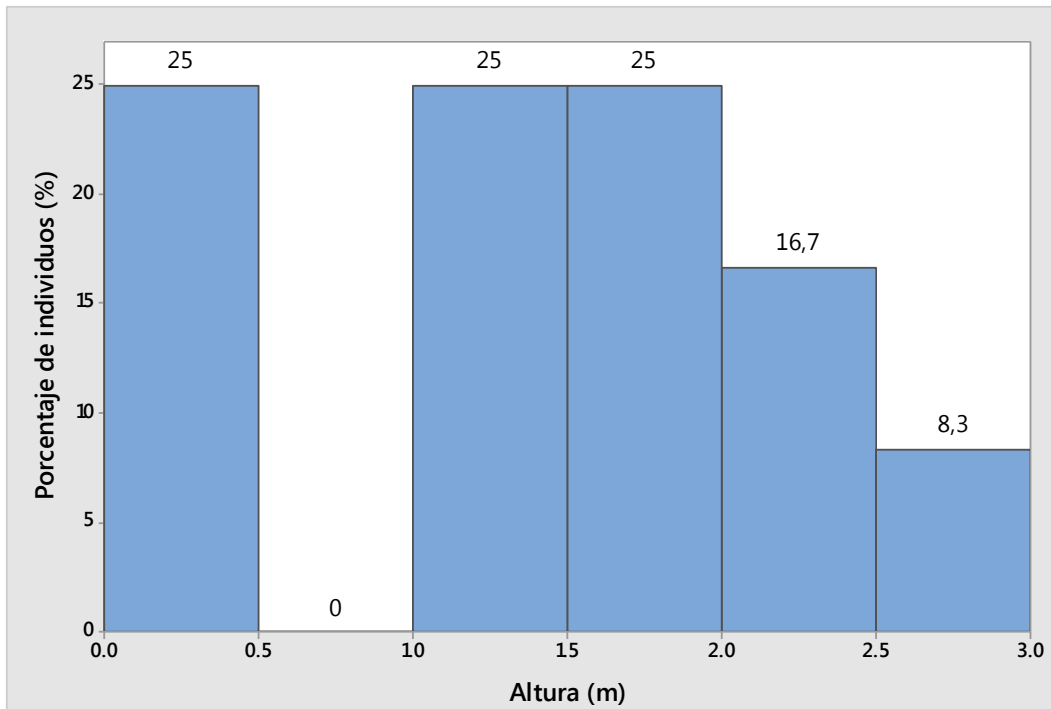
**Figura 10.** Porcentaje de individuos de *Echinopsis peruviana* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



**Figura 11.** Porcentaje de individuos de *Austrocyllindropuntia subulata subsp. exaltata* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



**Figura 12.** Porcentaje de individuos de *Oreocereus doelzianus* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



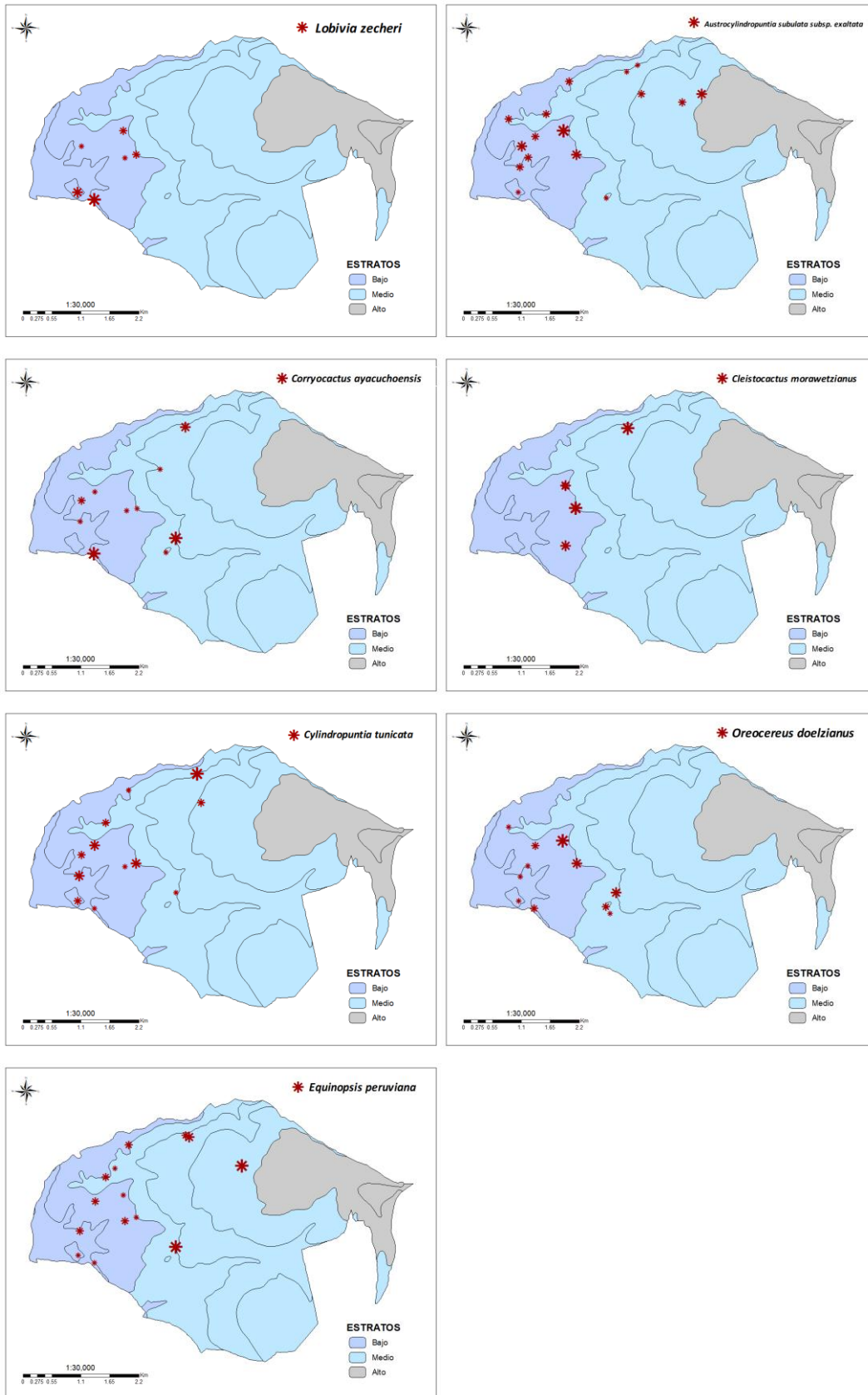
**Figura 13.** Porcentaje de individuos de *Cleistocactus morawetzianus* según rango de altura en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.



#### 4.4. Distribución espacial de las cactáceas columnares y globulares

**Tabla 4.** Distribución espacial de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa 2018 – 2019.

<b>Especie</b>	<b>Varianza (S<sup>2</sup>)</b>	<b>Media (X)</b>	<b>S<sup>2</sup>/ X</b>	<b>Tipo de distribución</b>
<i>Lobivia zecheri</i>	14,67	6,73	2,18	Aglomerada
<i>Corryocactus ayacuchoensis</i>	7633,06	79,96	95,46	Aglomerada
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	311,31	27,15	11,46	Aglomerada
<i>Echinopsis peruviana</i>	11644,13	131,38	88,63	Aglomerada
<i>Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata</i>	2451,60	75,58	32,44	Aglomerada
<i>Oreocereus doelzianus</i>	450,33	39,08	11,52	Aglomerada
<i>Cleistocactus morawetzianus</i>	7470,81	57,68	129,52	Aglomerada



**Figura 14.** Distribución espacial de las especies de cactáceas globulares y columnares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 - 2019.

## V. DISCUSIÓN

En el Complejo Arqueológico Wari se reportan 7 especies de cactáceas, una globular: *Lobivia zecheri*, y seis columnares: *Corryocactus ayacuchoensis*, *Cylindropuntia tunicata*, *Echinopsis peruviana*, *Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata*, *Oreocereus doelzianus* y *Cleistocactus morawetzianus*. Según Arakaki et al., de las especies reportadas, cuatro son endémicas: *Corryocactus ayacuchoensis*, *Echinopsis peruviana*, *Oreocereus doelzianus* y *Cleistocactus morawetzianus*.<sup>2</sup> Un número similar a este encontró Huamaní en el cerro San Cristóbal, del distrito Pacaycasa: *Corryocactus quadrangularis* (Rauh & Backeb.) F. Ritter, *Browningia hertlingiana* (Rauh) Buxb., *Echinopsis peruviana* (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley, *Corryocactus ayacuchoensis* Rauh & Backeb. y *Oreocereus doelzianus* (Backeb.) Borg, todas columnares,<sup>20</sup> de las cuales las tres últimas coinciden con las encontradas en el Complejo Arqueológico Wari.

*L. zecheri* es reportada por Anderson en La Paz y Huanta en 1932.<sup>21</sup> Ostolaza, el 2011 la describe como sinónimo de *Echinopsis backebergii* subsp. *backebergii*, que se distribuye cerca de La Paz, Bolivia y en Huanta, Ayacucho;<sup>43</sup> sin embargo, tres años después afirma que *Echinopsis backebergii* subsp. *backebergii* no llega al Perú,<sup>1</sup> corroborando el nombre *Lobivia backebergii* subsp. *zecheri* propuesto por Rausch en 1985;<sup>42</sup> además, de su presencia solamente en Huanta,<sup>1</sup> es así que con este trabajo se amplía su distribución a Pacaycasa.

*C. tunicata* aparece en el desierto de Chihuahua (México y Estados Unidos) y se encuentra en algunos países sudamericanos como Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Por otro lado, *A. subulata* subsp. *exaltata* va desde Ancash (Corongo), Lima (Yauyos), Junín, Arequipa, Cusco y Puno, hasta Bolivia y Argentina<sup>1</sup> evidenciando así su amplia distribución territorial a comparación de las otras especies estudiadas.

La tabla 3 muestra las densidades de las especies registradas en Wari, la de mayor densidad fue *L. zecheri* con 96 plantas/ha; a pesar de que su rango de

distribución fue bastante restringido (2500 m.s.n.m. - 2600 m.s.n.m.) seguida de *A. subulata subsp. exaltata* con 67 plantas/ha respectivamente, la cual tiene una amplia distribución en Perú, Bolivia y Argentina.<sup>1</sup>

Los cactus son plantas que demandan mucha luz y calor, debido a que se encuentran adaptados a altas temperaturas y los climas áridos de los desiertos y zonas áridas alto andinas,<sup>43</sup> sin embargo, la exposición directa o indirecta a la luz solar no es un factor determinante en la mayor o menor densidad de estas plantas, pero este combinado con otros, sí pudiera influir en las cantidades de individuos,<sup>28</sup> la alta densidad de *L. zecheri* y *A. subulata subsp. exaltata* podría indicar que los individuos de estas especies se adaptaron mejor a las condiciones ambientales.

*E. peruviana* presentó una densidad de 39 plantas/ha, seguida de *O. doelzianus* con 32 plantas/ha, *C. tunicata* con 25 plantas/ha y las especies de menores densidades fueron *C. ayacuchoensis* (14 plantas/ha) y *C. morawetzianus* (7 plantas/ha). Al respecto, Huamaní reportó que *O. doelzianus*, *C. ayacuchoensis* y *E. peruviana* presentaron densidades de: 16 plantas/ha, 14 plantas/ha y 9 plantas/ha respectivamente;<sup>20</sup> densidades más bajas que las descritas en Wari, a excepción de *C. ayacuchoensis*, las cuales coinciden. De todas las especies evaluadas por Huamaní, *C. quadrangularis* fue la de más baja densidad (8 plantas/ha), similar a *C. morawetzianus*, especie con densidad más baja en Wari (7 plantas/ha); mientras que, la de mayor densidad fue *B. hertlingiana* (134 plantas/ha), densidad mucho mayor a comparación de *L. zecheri* (95 plantas/ha), especie de mayor densidad en Wari. Cabe mencionar que, en la región, no se encuentran más estudios sobre características poblacionales de especies de cactáceas.

Los estudios de características poblacionales de cactáceas en otras regiones también son escasos. Novoa, en Huancaca y en las llanuras planas de Pisco (en Huancavelica e Ica) investigó el impacto de la construcción del gasoducto de PERU LNG sobre las poblaciones de *Cleistocactus peculiaris* y *Cleistocactus hystrix*. Obteniendo para la primera rangos de abundancia de 26–77 plantas/ha en parcelas no impactadas y 17–53 plantas/ha en parcelas impactadas; mientras que, para *C. hystrix* se obtuvo rangos de 80–380 plantas/ha en parcelas no impactadas, y 100–450 plantas/ha en parcelas impactadas.<sup>19</sup> En Lima, se estudió la densidad poblacional de *Haageocereus spp.* en la Reserva Nacional de Lachay, se observaron densidades de 17-28 individuos en 100 m<sup>2</sup> en las laderas pedregosas, y de 3-7 individuos en 100 m<sup>2</sup> en laderas no pedregosas,

evidenciando que las condiciones del terreno también influyen en las densidades de esta especie.<sup>14</sup>

En el área de estudio se observó la transformación y destrucción del hábitat natural, derivadas de las actividades humanas como la ganadería y agricultura, que sumadas a algunas características demográficas adversas como la baja densidad poblacional, representan los mayores riesgos para la supervivencia de las especies.<sup>16</sup> Por esto, es importante gestionar adecuadamente los lugares donde las densidades de las cactáceas aún son relativamente altas, como el estrato bajo, donde se encontró la mayor cantidad de individuos, a diferencia del estrato medio.

La aparición de nuevos individuos de una especie suele ser un proceso difícil pero impredecible, debido a la ausencia de lluvias, las altas temperaturas y la escasa o nula presencia de agua en el subsuelo, considerando también el riesgo de las actividades antrópicas. Por eso, la germinación de las semillas y la supervivencia de las plántulas de los cactus ocurre generalmente bajo la protección de arbustos o de otros cactus más grandes, que actúan como plantas nodrizas. El conocimiento de estos hechos es fundamental al elaborar planes de manejo y conservación de ecosistemas áridos y semiáridos.<sup>43</sup> Esto implica conocer el proceso de reclutamiento y la estructura de tallas de las especies de cactus.

En la figura 7 se observa la estructura poblacional de *L. zecheri*, los rangos de altura con mayor número de individuos fueron los primeros: de 0,05 a 0,10 m (52,2%) y 0,00 – 0,05 m (28,6%), mientras en los rangos más altos (0,15 – 0,25m) se encontraron menos individuos.

Para *C. ayacuchoensis* (figura 8) se observa que los rangos de altura con mayor número de individuos fueron 0,0 – 1,0 m (52,2%) y 1,0 – 2,0 m (34,8%), mientras que un menor número se encontró en los rangos de altura más altos (>2,0m).

En la figura 9 se observa que para *C. tunicata*, el rango de altura con mayor número de individuos fue 0,1 – 0,2 m (38,1%), mientras que las otras categorías comprenden semejantes cantidades de individuos (de 9,5% a 14,3%).

En la figura 10, para *E. peruviana*, se puede observar que los individuos descienden gradualmente a medida que van creciendo, es así que los rangos de menor altura (0,00 – 0,10 m) presentan la mayor cantidad de individuos (58,5%) y los rangos de mayor altura (4 – 7 m) presentan el menor número de individuos (3,1%).

Para *A. subulata* (figura 11) se puede observar que los rangos de menor altura 0,00 – 0,5 m y 0,5 m – 1,0 m presentan la mayor cantidad de individuos, 34,5% y 38,1% respectivamente y los rangos de mayor altura (1,5 – 2,5 m) presentan el menor número de individuos (7%).

La estructura de tamaños de *O. doelzianus* (figura 12) muestra que los rangos de altura con mayor número de individuos fueron 0,2 – 0,4 m (47,2%) y 0,4 – 0,6 m (13,2%). Las cantidades más pequeñas de individuos corresponden a los primeros y últimos rangos, siendo el de menor porcentaje el último 0,8 – 1,0 m con 1,9%.

La especie con menor cantidad de individuos fue *C. morawetzianus* (figura 13), para la cual se encontraron más individuos en las categorías más bajas: 0,0-0,5 m; 1,0-1,5 m y 1,5-2,0 m con 25% cada una. Estos resultados podrían indicar un proceso de reclutamiento reciente y una regeneración natural de la población, sin embargo, esto se pone en duda, debido a que solamente se registraron 12 individuos en las 21 parcelas evaluadas, lo que evidencia que esta población está en decrecimiento.

El reclutamiento es un proceso poco frecuente que podría depender de factores físicos y/o factores biológicos.<sup>22</sup> La estructura de tamaños proporciona información de la composición de las poblaciones, además permite conocer si el reclutamiento está ocurriendo en condiciones naturales,<sup>31</sup> de acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que este proceso se ha estado dando recientemente en las poblaciones de *C. ayacuchoensis*, *E. peruviana* y *A. subulata*, pues en los rangos de menor altura (0,0 – 1,0 m) poseen la mayor cantidad de individuos. (figura 8, 10 y 11), Por otro lado, las especies: *L. zecheri*, *C. tunicata* y *O. doelzianus* (Figura 7, 9 y 12) muestran una mayor cantidad de individuos en las categorías pequeñas y medianas, es decir, son poblaciones que se regeneran naturalmente; sin embargo, su baja densidad de individuos en la categoría más pequeña representa un riesgo. Estas características deben ser consideradas en el manejo y aprovechamiento de estas especies, ya que se ha sugerido que las poblaciones compuestas por pocos individuos pequeños y grandes potencialmente pueden decrecer,<sup>16</sup> una buena medida para contrarrestar estas amenazas es crear dichas reservas en las mismas localidades amenazadas.<sup>1</sup>

En la tabla 4 se observa que todas las especies estudiadas presentan distribución aglomerada ( $S^2/\bar{X} > 1.00$ ), tomando valores desde 2.18 para *L.*

*zecheri* hasta 129.52 para *C. morawetzianus*. De igual manera, Huamaní reporta un patrón de distribución aglomerado para las cactáceas endémicas del Cerro San Cristóbal, donde la relación varianza/media fue mayor a uno, tomando los siguientes valores: 8.29, 2.40, 1.24, 50.06 y 7.65 para *C. ayacuchoensis*, *C. quadrangularis*, *E. peruviana*, *B. hertlingiana* y *O. doelzianus* respectivamente.<sup>20</sup> Novoa determinó los patrones de agregación para las especies columnares, *C. peculiaris* y *C. hystrix*, mediante el índice de agregación R. *C. hystrix* tuvo un patrón de distribución aglomerado similar a las especies en Wari, pero *C. peculiaris* tuvo un patrón de distribución al azar, a diferencia del anterior y todas las especies estudiadas.<sup>19</sup> Por otro lado, Arias también encuentra una distribución aglomerada para las cactáceas de Sierra de Huautla en México, calculando la relación varianza/media con valores de 44,47 en sitios conservados y 49,39 en perturbados.<sup>44</sup>

Zepeda et al calcularon el índice de agregación para *Astrophytum ornatum*, una especie globular, a partir de la prueba de Hopkins, obteniendo para toda la población el valor de  $I_H=0,88$  que indica un patrón de distribución de tipo agregado o aglomerado,<sup>17</sup> al igual que la única especie globular presente en Wari, *L. zecheri*.

Los individuos de la familia Cactaceae presentan un patrón de distribución geográfica restringido, y a menudo son amenazados por el cambio de uso de suelo y la colecta ilegal.<sup>21</sup>

Entre otros factores que hacen a las poblaciones de cactáceas vulnerables a cualquier tipo de modificación del hábitat se destacan: 1) Que las cactáceas tienen tasas de crecimiento individual y poblacional muy lentos y 2) que existe una relación con nodrizas, quienes brindan condiciones favorables para la sobrevivencia de las especies.<sup>17</sup> En consecuencia, reafirmamos la necesidad de gestionar adecuadamente estos ecosistemas que; a pesar de ser reducidos, las cactáceas siguen siendo abundantes.

## VI. CONCLUSIONES

1. En el Complejo Arqueológico Wari existen 7 especies de cactáceas columnares y globulares, 1 especie globular *Lobivia zecheri* Raush y 6 especies columnares: *Corryocactus ayacuchoensis* Raush & Backeberg, *Cylindropuntia tunicata* Lehmann Knuth, *Echinopsis peruviana* Britton & Rose, *Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata* Berger Hunt, *Oreocereus doelzianus* Backeberg, Borg y *Cleistocactus morawetzianus* Backeberg.
2. Las especies de mayores densidades fueron: *L. zecheri* y *A. subulata subsp. exaltata* con 96 plantas/ha y 67 plantas/ha respectivamente, seguidas de *Echinopsis peruviana* 39 plantas/ha, *O. doelzianus* con 32 plantas/ha y *C. tunicata* con 25 plantas/ha. Y las especies de menor densidades fueron: *C. ayacuchoensis* y *C. morawetzianus* con 14 plantas/ha y 7 plantas/ha.
3. La estructura poblacional muestra que el reclutamiento se ha dado recientemente en las poblaciones de *E. peruviana*, *C. ayacuchoensis* y *A. subulata*. Por otro lado, las especies: *L. zecheri*, *C. tunicata* y *O. doelzianus* presentaron estos procesos con anterioridad. En cuanto a *C. morawetzianus* se encontraron 12 individuos que no permite afirmar con certeza su estado.
4. Las especies de cactáceas columnares y globulares en el Complejo Arqueológico Wari, presentan un patrón de distribución aglomerado o agrupado.



## VII. RECOMENDACIONES

1. Las especies de cactáceas del Complejo Arqueológico Wari, necesitan ser monitoreadas, para evaluar y analizar la dinámica poblacional de las especies descritas en el presente trabajo.
2. La DDC Ayacucho, debe promover acciones de conservación del ecosistema de las cactáceas como parte de los planes de manejo del Complejo Arqueológico Wari, asimismo, en el estudio se observa que una parte del total de Complejo Arqueológico Wari, pertenece al fundo Huayllapampa de la UNSCH, que precisamente comprende una de las zonas de mayor densidad de *L. zecheri*.
3. Incentivar a los investigadores a realizar estudios de cactáceas en las diferentes zonas donde se presentan, por ser un grupo poco estudiado, asimismo, realizar estudios de mayor duración con la finalidad de obtener mayor información sobre su estructura poblacional, fenología y ecología.
4. Exhortar a la autoridad competente mayor énfasis en la regulación del comercio de estas especies por ser especies que se encuentran en el apéndice CITES II.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ostolaza C. Todos los cactus del Perú. Lima: Ministerio del Ambiente; 2014.
2. Arakaki M, Ostolaza C, Cáceres F, Roque J. Cactaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*. 2013;13(2):193-219.
3. Ceroni A, Castro V. Manual de cactus. Identificación y Origen. Lima: Ministerio del Ambiente; 2013.
4. Galán A, Vicente J, Linares E, Campos J, Trujillo C, Villasante F. Patrones de Distribución de las Comunidades de Cactáceas en las Vertientes Occidentales de los Andes Peruanos. *Caldasia*. 2012. 34(2):257-75.
5. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente de Ayacucho. Zonificación Ecológica Económica - Ayacucho. Gobierno Regional de Ayacucho; 2013.
6. De la Cruz J, Aucasime L. Diversidad, Distribución y usos de las especies de Cactáceas en la Provincia de Huamanga. Ayacucho. 2012. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2013.
7. Ayala W, Ayala H. Guía de Cactáceas de la Región Ayacucho. 2017.
8. Ortega-Baes P, Godínez-Alvarez H, Sajama J, Gorostiague P, Sührling S, Galindez G, et al. La familia Cactaceae en Argentina: patrones de diversidad y prioridades políticas para su conservación. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 2015;50(1):71-8.
9. Arias S, Véliz M. Diversidad y Distribución de las Cactaceae en Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala*. 1:29-38.
10. Huamani F, Poma I, Salas A. La flora natural del Parque Ecologico Regional de Arequipa (Perú), especialmente las cactaceas. *Quad Bot Ambientale Appl*. 2003;14(1):117-24.
11. Calderón N, Ceroni A, Ostolaza C. Distribución y estado de conservación del género *Haageocereus* (Familia Cactaceae) en el departamento de Lima. Perú. 2004;3(1):17-22.
12. Álvarez R, Godínez H, Guzmán U, Dávila P. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Bol Soc Bot Mex*. 2004;75:7-16.
13. Aguirre A. Distribución Espacial de Especies de Cactáceas en la Región del Desierto Chihuahuense [Tesis de maestría]. [México]: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2016.
14. Revilla Í, Fernández R, Crespo S, Antonio MA. Diversidad y distribución de la familia Cactaceae y Avifauna asociada en la Reserva Nacional de Lachay. *Serie de Inv Candes*. 2015;1:1-39.
15. Sánchez O. Caracterización de cactáceas del matorral desértico chihuahuense en un rango altitudinal en el área de protección de flora y fauna Ocampo Coahuila. [Tesis de pregrado]. [México]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2017.
16. Paíz M. Caracterización de la Comunidad de Cactáceas de la Aldea San Jorge, Zacapa, Zacapa [Tesis de pregrado]. [México]: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR; 2014.
17. Zepeda V, Golubov J, Mandujano M. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). *Acta botánica mexicana*. 2017;119:35-49.
18. Pinto R. *Lobivia Ferox* Britton et Rose (Cactaceae): Nuevo registro para la flora chilena. *Gayana Botánica*. 2002;59(2):65-72.
19. Novoa S. Abundance, Spatial Distribution, Phenology, and Population Structure of *Cleistocactus peculiaris* and *C. hystrix* in the Area of Influence of

- the PERU LNG Pipeline. En: Monitoring Biodiversity. United States of America: Smithsonian Institution; 2013. p. 52-63.
20. Huamani E. Cactáceas endémicas del cerro San Cristóbal, distrito Pacaycasa, provincia de Huamanga. Ayacucho - 2013 [Tesis de pregrado]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2015.
  21. Anderson E. The cactus family. Portland - EEUU: Timber Press; 2001. 776 p.
  22. Parker K. Height Structure and Reproductive Characteristics of Senita, *Lophocereus schottii* (Cactaceae), in Southern Arizona. The Southwestern Naturalist. 1989;34:392-401.
  23. Matteucci S, Colma A. Metodología para el estudio de la Vegetación. Washington: Secretaría General de la Organización de Estados Americanos; 1982.
  24. Krebs C. Ecological Methodology. second edition. New York: Harper and Row; 1989.
  25. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación. Guía de inventario de la Flora y Vegetación. Lima: MINAM; 2015.
  26. Mostacedo B, Fredericksen TS. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz: BOLFOR; 2000.
  27. Jiménez A, Hortal J. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Rev Iber Aracnología. 2003;8(31):151-61.
  28. Martínez E, Reyes O, Viña N, Viña L, Pacheco O, Acosta F. Características ecológicas y poblacionales de *Melocactus nagyii* mézárós (cactaceae) en Cuba. Foresta Veracruzana. 2005;7(1):25-30.
  29. González AR. Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana; 2006. 280 p.
  30. Valdés TV, Cano-Santana Z. Ecología y medio ambiente. México: Pearson; 2005.
  31. Godínez H, Valverde T, Ortega P. Demographic trends in the Cactaceae. The Botanical Review. 2003;69:173-201.
  32. Ferrandis, P. Factores involucrados en el proceso de reclutamiento de un gipsófito endémico en España: *teucrium libanitis*. Rev. Cubana de ciencias forestales. 2013; 1(1):1-16.
  33. Congreso de la República del Perú. Constitución Política del Perú. 1993.
  34. Ley General del Ambiente. Ley N° 28611 2005.
  35. Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Ley N° 29763 2011.
  36. Aprueban la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre. Decreto Supremo N° 043-2006-AG 2006.
  37. Disponen la pre publicación de los Anexos I y II que contienen las listas de Clasificación Oficial de Especies de Flora Silvestre Categorizadas como Amenazadas en los Portales Institucionales del Ministerio de Agricultura y Riego y, del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Resolución Ministerial No 505-2016-MINAGRI 2016.
  38. MINAM. Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural; 2015.
  39. Brack A. Las Once Ecorregiones del Perú. Lima: Inca S.A.
  40. SENAMHI. Mapa Climático Nacional. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
  41. Aguilar A. Estructura de la comunidad de Murciélagos en cafetales próximos al Santuario Nacional Pampa Hermosa (Junín, Perú) en noviembre 2012 y julio 2013 [Tesis de pregrado]. [Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2017.

42. Rausch W. Lobivia 85. Austria: Rudolf Herzig; 1985.
43. Ostolaza C. 101 cactus del Perú. Lima: Ministerio del Ambiente; 2011.
44. Arias L. Diversidad de cactáceas en sitios conservados y perturbados de sierra de Huautla, Morelos [Tesis de pregrado]. [México]: Universidad Autónoma del Estado de Morelos; 2008.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Cálculo de unidades muestrales

El cálculo del número de cuadrantes se determinó utilizando la siguiente fórmula:<sup>20,26</sup>

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 + CV^2}{N}}$$

Dónde:

$n$  = número de unidades muestrales

$E$  = 35%<sup>20</sup>

$t$  = 2.06 (gl=5 al 95% de probabilidad  $t=0.05$ )

$N$  = total de unidades muestrales en toda la población

$CV$  = coeficiente de variación

Se trabajó el muestreo piloto en cuadrantes de 20 m x 80 m (0.08 ha) definido de acuerdo al método de área mínima del cuadrante,<sup>23</sup> y se midió la altura de las especies columnares y globulares presentes:

### Cálculo de muestras para el estrato bajo

**Tabla 5.** Número de unidades muestrales para las especies de cactáceas columnares y globulares del estrato bajo del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019

Especies	<i>prom</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>	<i>n</i>
<i>Lobivia zecheri</i>	0.0641667	0.032866376	51.220326	9.07
<i>Corryocactus ayacuchoensis</i>	0.3830167	0.211259143	55.156645	10.52
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	0.24375	0.129792045	53.248019	9.80
<i>Echinopsis peruviana</i>	2.2091167	0.955446786	43.250173	6.47
<i>Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata</i>	0.4696167	0.246320356	52.451366	9.51
<i>Oreocereus doelzianus</i>	0.4430278	0.232844635	52.557564	9.55
<i>Cleistocactus morawetzianus</i>	1.4637833	0.787722287	53.814131	10.01

$E = 35\%$

$t = 2.015$  (gl=6 al 95% de probabilidad  $t=0.05$ )

Posteriormente se eligió el número más alto para el muestreo, resultando 10.52, correspondiente a *Corryocactus ayacuchoensis*, equivalente a 11 cuadrantes para el estrato bajo.

### Cálculo de muestras para el estrato medio

**Tabla 6.** Número de unidades muestrales para las especies de cactáceas columnares y globulares del estrato medio del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

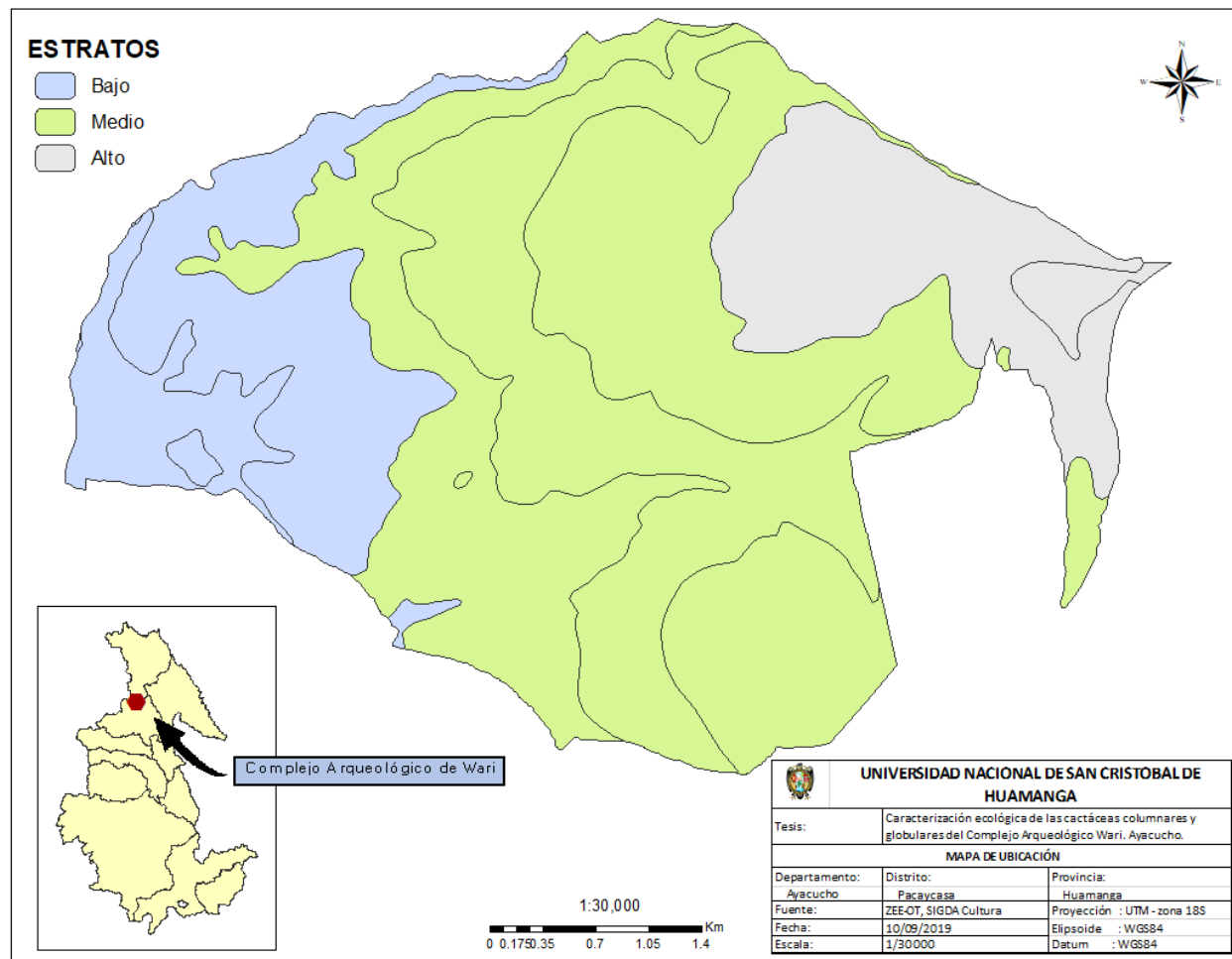
<b>Especies</b>	<b>prom</b>	<b>DS</b>	<b>CV</b>	<b>n</b>
<i>Corryocactus ayacuchoensis</i>	0.9573667	0.428657727	44.774666	6.94
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	0.3663833	0.195816143	53.445701	9.89
<i>Echinopsis peruviana</i>	1.4875117	0.555029239	37.312597	4.82
<i>Austrocylindropuntia subulata subsp. exaltata</i>	0.7306767	0.371517362	50.845658	8.95
<i>Oreocereus doelzianus</i>	0.20825	0.107280432	51.515213	9.19
<i>Cleistocactus morawetzianus</i>	1.413	0.720202749	50.969763	8.99

**E = 35%**

**t = 2.015 (gl=6 al 95% de probabilidad t=0.05)**

Posteriormente se eligió el número más alto para el muestreo, resultando 9.89, correspondiente a *Cylindropuntia tunicata*, equivalente a 10 cuadrantes para el estrato medio.

**Anexo 2.** Mapa de ubicación dividido por estratos del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

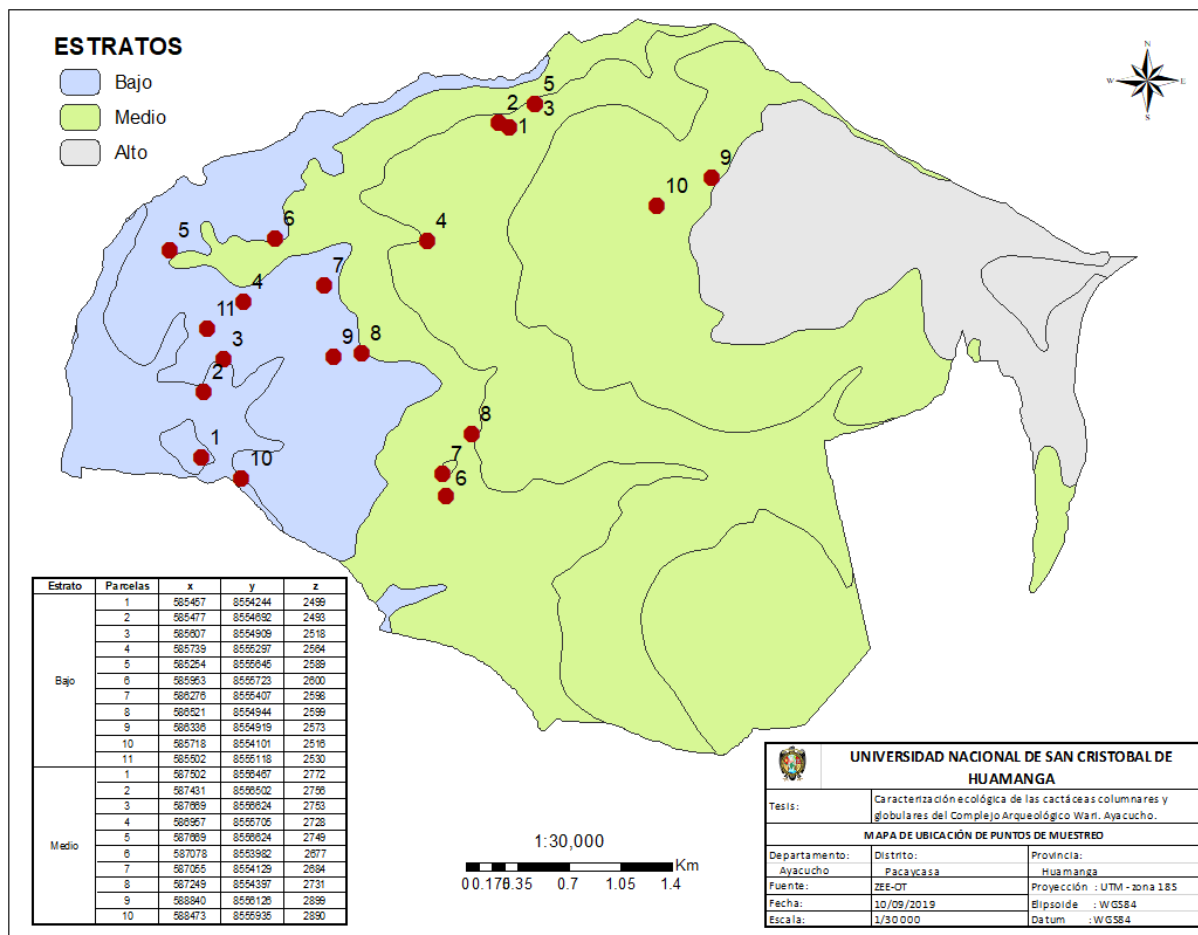




**Anexo 3.** Ubicación de las unidades muestrales en base a sus coordenadas UTM y altitud en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018-2019.

<b>Estrato</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Coord X (m)</b>	<b>Coord Y (m)</b>	<b>Altitud (m.s.n.m.)</b>
<b>Bajo</b>	1	585457	8554244	2499
	2	585477	8554692	2493
	3	585607	8554909	2518
	4	585739	8555297	2564
	5	585254	8555645	2589
	6	585953	8555723	2600
	7	586276	8555407	2598
	8	586521	8554944	2599
	9	586336	8554919	2573
	10	585718	8554101	2516
	11	585502	8555118	2530
<b>Medio</b>	1	587502	8556467	2772
	2	587431	8556502	2756
	3	587669	8556624	2753
	4	586957	8555705	2728
	5	586378	8556324	2619
	6	587078	8553982	2677
	7	587055	8554129	2684
	8	587249	8554397	2731
	9	588840	8556126	2899
	10	588473	8555935	2890

**Anexo 4.** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo por estratos en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.



**Anexo 5.** Número de individuos de cactáceas columnares y globulares por estrato del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.

Estrato	Cuadrante	<i>L. zecheri</i>	<i>C. tunicata</i>	<i>E. peruviana</i>	<i>A. subulata</i> subsp. <i>exaltata</i>	<i>O. doelzianus</i>	<i>C. ayacuchoensis</i>	<i>C. morawetzianus</i>
<b>Bajo</b>	1	52	3	1	1	2	0	0
	2	4	4	4	4	1	1	0
	3	11	0	0	4	1	0	0
	4	4	4	0	5	3	1	0
	5	0	0	0	4	2	0	0
	6	0	3	4	5	0	0	0
	7	3	0	1	26	21	0	7
	8	12	4	1	13	5	1	3
	9	1	1	4	4	6	2	0
	10	67	1	1	1	3	5	0
	11	7	3	0	18	0	2	0
<b>Medio</b>	1	0	0	6	0	0	0	1
	2	0	0	4	1	0	4	0
	3	0	13	0	1	0	0	0
	4	0	3	1	5	0	1	0
	5	0	1	3	3	0	0	0
	6	0	0	0	0	2	0	0
	7	0	0	0	1	3	1	0
	8	0	2	15	0	4	5	0
	9	0	0	8	11	0	0	1
	10	0	0	12	6	0	0	0
<b>TOTAL</b>		161	42	65	113	53	23	12

## Anexo 6. Resolución de autorización



*"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"*  
*"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"*

Lima, 31 MAYO 2018

**CARTA N° 147 -2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS**

Señor  
**DIEGO WILFREDO OCHOA RODRÍGUEZ**  
Investigador  
Representante del Proyecto  
Jr. Túpac Amaru N° 302 (Puca Cruz) Distrito Ayacucho – Provincia Huamanga  
Ayacucho.-

Asunto Remito Resolución de Dirección General N° **181-2018-MINAGRI-SERFOR**  
**DGGSPFFS**

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para remitirle adjunto copia fedateada de la **Resolución de Dirección General N° 181-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS**, para su conocimiento y fines, mediante el cual se resuelve, Otorgar la autorización con fines de investigación de flora silvestre, con colecta fuera de Áreas Naturales Protegidas, correspondiéndole el Código de Autorización N° **AUT-IFL-2018-034**, en virtud de las consideraciones expuestas en la presente Resolución.

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,

**JUAN CARLOS GUZMÁN CARLÍN**  
Director General  
Dirección General de Gestión Sostenible del  
Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre  
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

JCGC/AHRPM/mrrc  
Adj. 04 Folios

CUT: 15653-2018



Avenida 7 N° 229, Rinconada Baja - La Molina - Lima  
T: (511) 225-9005  
www.serfor.gob.pe  
www.minagri.gob.pe

**EL PERÚ PRIMERO**

## Anexo 7. Constancia de depósito



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



*“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”*

### CONSTANCIA DE DEPOSITO N°026-2019-USM-MHN

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

**DIEGO WILFREDO OCHOA RODRÍGUEZ**, ha entregado en donación **07 muestras botánicas** herborizadas con sus respectivas etiquetas (según lista adjunta), colectadas como parte de su Proyecto de Tesis: “CARACTERIZACION ECOLOGICA DE LA COMUNIDAD DE CACTACEAS DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO WARI, PROVINCIA HUAMANGA-AYACUCHO 2018”, contando con la Autorización de colecta: Resolución de Dirección General N° 181-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente

Lima, 16 de julio del 2019



  
**Mg. Asunción Cano Echevarría**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/ddb

**Anexo 8.** Vista superior del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019.





**Anexo 9.** Fotografías del trabajo de campo realizado en el Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 – 2019



Medición del diámetro de cactáceas



Medición de la altura de cactáceas



Establecimiento de las unidades de muestreo, cuadrantes de 20 x 80 metros.



**Anexo 10.** Registro fotográfico de las especies de cactáceas columnares y globulares identificadas en el Complejo Arqueológico Wari.

**CACTÁCEAS COLUMNARES Y GLOBULARES DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO WARI, HUAMANGA – AYACUCHO**  
2500 – 2900 m.s.n.m. Distrito de Pacaycasa



**1** *Lobivia zecheri*



**1** *Lobivia zecheri*



**2** *Corryocactus ayacuchoensis*



**2** *Corryocactus ayacuchoensis*



**3** *Cylindropuntia tunicata*



**3** *Cylindropuntia tunicata*



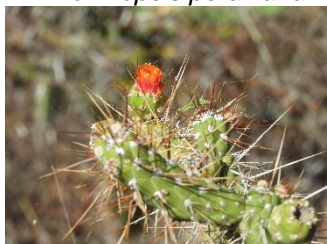
**4** *Echinopsis peruviana*



**4** *Echinopsis peruviana*



**4** *Echinopsis peruviana*



**5** *Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata*



**5** *Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata*



**6** *Oreocereus doelzianus*



**6** *Oreocereus doelzianus*



**7** *Cleistocactus morawetzianus*



**7** *Cleistocactus morawetzianus*

## Anexo 11. Matriz de Consistencia

**TÍTULO:** Caracterización ecológica de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018- 2019.

**AUTOR:** Bach. Diego Wilfredo OCHOA RODRÍGUEZ

**ASESOR:** Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuáles son las características ecológicas de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari? Ayacucho. Pacaycasa. 2018-2019?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son las especies de cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari?</li> <li>¿Cuál es la densidad de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari?</li> <li>¿Cuál es la estructura poblacional de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari?</li> <li>¿Cuál es la distribución espacial cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari?</li> </ol>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar las características ecológicas de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari. Ayacucho. Pacaycasa. 2018 - 2019.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar las especies de cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.</li> <li>Determinar la densidad de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.</li> <li>Establecer la estructura poblacional de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.</li> <li>Determinar la distribución espacial de las cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.</li> </ol>	<p><b>Cactus</b> La familia Cactaceae presenta individuos con características bastante particulares como los tallos grandes, sin hojas, de larga vida que presentan diversidad de formas y tamaños, y poseen racimos de espinas, además es son plantas suculentas que tienen una gran capacidad para almacenar agua y soportar climas árido (Anderson, 2001).</p> <p><b>Comunidad vegetal</b> Este conjunto de poblaciones dentro de un área se denomina comunidad, que viene a ser “cualquier conjunto de poblaciones de organismos vivos en un área o un hábitat dado” (Krebs, 1985, p.413).</p> <p><b>Características de las comunidades</b> Las comunidades vegetales presentan ciertos atributos, que pueden ser medidos y cuantificados, podemos mencionar cinco características principales según Krebs (1985):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Diversidad de especies</li> <li>Estructura y formas de crecimiento.</li> <li>Predominio de especies.</li> <li>Abundancia relativa.</li> <li>Estructura trófica.</li> </ol>	<p><b>Variable 1</b> Características ecológicas</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad</li> <li>Estructura poblacional</li> <li>Distribución espacial</li> </ul> <p><b>Variable 2</b> Cactáceas columnares y globulares</p> <p><b>Dimensiones</b> Especies de cactáceas</p>	<p><b>Tipo:</b> básica, no experimental.</p> <p><b>Tipo:</b> Descriptivo simple</p> <p><b>Población:</b> todos los individuos de las especies de cactáceas columnares y globulares del Complejo Arqueológico Wari.</p> <p><b>Muestra:</b> individuos de las especies de cactáceas columnares y globulares estudiados en los 21 cuadrantes evaluados en el Complejo Arqueológico Wari.</p> <p><b>Tipo de muestreo:</b> Aleatorio estratificado.</p> <p><b>Recolección de datos:</b> Para la identificación: Fueron herborizados e identificados con ayuda bibliográfica. Para la densidad: Se evaluó el número de individuos por área. Para la estructura poblacional: Se establecieron categorías de acuerdo a la altura en metros. Para la distribución espacial: Se determinó el índice de dispersión, cociente varianza/media. <b>Método de análisis de datos:</b> Para la elaboración de mapas se utilizó el programa ArcGis 10.3. Para el procesamiento de los datos y la generación de tablas y figuras se utilizaron los programas Excel 2016 y Minitab 18.</p>