

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS
ATMOSFÉRICAS SEDIMENTABLES EN FUNCIÓN A LAS
CARACTERÍSTICAS SOCIO AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE PUNO**

PRESENTADO POR:

RUBEN HAROLD MANZANARES FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESIS****DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS
ATMOSFÉRICAS SEDIMENTABLES EN FUNCIÓN A LAS
CARACTERÍSTICAS SOCIO AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE PUNO****PRESENTADO POR:****RUBEN HAROLD MANZANARES FLORES****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:****INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

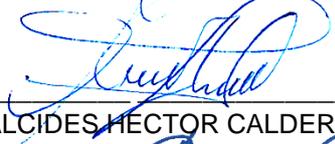
:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



M.Sc. ALCIDES HÉCTOR CALDERÓN MONTALICO

SEGUNDO MIEMBRO

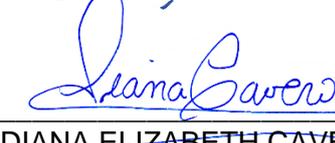
:



M.Sc. CARLOS ALBERTO CCAMA POLANCO

ASESOR DE TESIS

:



M.Sc. DIANA ELIZABETH CAVERO ZEGARRA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Meteorología y Ciencias Atmosféricas

Especialidad: Contaminación del Aire

Puno, 06 de noviembre de 2020.



DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos de Puno y a mi querida carrera profesional, quienes me acogieron en sus aulas durante mi formación profesional.
- A los Señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- Mi reconocimiento a los miembros integrantes del jurado calificador, por su apoyo y orientación en esta investigación.
- Con gratitud a la M.Sc. Diana Elizabeth Cavero Zegarra ,por su acertada dirección y apoyo intelectual y moral de este trabajo de investigación.
- A todas las personas que contribuyeron con toda su voluntad, esfuerzo y dedicación haciendo posible la culminación de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. MARCO TEÓRICO	8
2.1.1. Contaminación atmosférica.	8
2.1.2. Concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS)	9
2.1.3. Contaminación atmosférica y sus efectos en la salud	10
2.1.4. Método pasivo de partículas atmosféricas	11
2.1.5. Criterios básicos para el estudio con método pasivo.	12
2.1.6. Criterios para la ubicación de puntos de muestreo.	12
2.2. MARCO CONCEPTUAL	12
2.3. HIPÓTESIS	14

2.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL	15
2.3.2.	HIPÓTESIS 155	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		
3.1.	¡Error! Marcador no definido.	
3.2	¡Error! Marcador no definido.18	
3.3.	Tipo de investigación	19
3.4.	Metodología	19
3.4.1.	¡Error! Marcador no definido.9	
3.4.2.	Para el segundo objetivo:	20
3.4.3.	Para el tercer objetivo:	22
3.5.	Análisis estadístico	23
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		
4.1.	Características socio ambientales de las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno.	25
4.2.	Concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno.	28
4.3.	Asociación entre características socio ambientales y la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.	34
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES	38
	BIBLIOGRAFÍA	39
	ANEXOS	42

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.		
	Tabla 01. Sustancias contaminantes y efectos sobre la salud	10
	Tabla 02. Zonas principales de la ciudad de Puno	16
	Tabla 03. Distribución de muestra en el ámbito de estudio	18
	Tabla 04. Análisis de varianza (ANOVA) de efectos fijos balanceado.	23
	Tabla 05. Operacionalización de variables	25
	Tabla 06. Tipo de vivienda en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	25
	Tabla 07. Material de la vía pública en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	26
	Tabla 08. Presencia de industria contaminante en tres zonas de la ciudad de Puno ¡Error! Marcador no definido.7	
	Tabla 09. Presencia de viento en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	28
	Tabla 10. Concentración de partículas (gr/placa) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	29
	Tabla 11. Concentración de partículas (mg/cm ²) en tres zonas de la ciudad de Puno.	30
	Tabla 12. Análisis de varianza para la concentración de partículas (mg/cm ²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	33
	Tabla 13. Prueba de rango múltiple para la concentración de partículas (gr/m ²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	33
	Tabla 14. relacion entre concentracion de partículas (gr/m ²) en tres zonas de la ciudad de Puno.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	18
Figura 02. Concentración de partículas (gr/placa) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	26
Figura 03. Concentración de partículas (mg/cm ²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	31
Figura 04. Mapa de concentración de partículas (mg/cm ²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz básica de datos de características socio ambientales	43
Anexo 2. Matriz básica de datos de las partículas sedimentables	44
Anexo 3. Ficha de registro utilizada en la investigación	46
Anexo 4. Constancia de ejecución del laboratorio	47
Anexo 5. Evidencias fotográficas del estudio	48

RESUMEN

El estudio “Determinación de la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en función a las características socio ambientales de la ciudad de Puno”, se realizó siguiendo el tipo de investigación descriptivo, se segmentó la ciudad en tres zonas de muestreo (Centro, Norte y Sur), siguiendo el Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, mediante el método pasivo se colocaron 10 placas Petri por cada zona, los resultados se obtuvieron mediante la técnica gravimétrica, pesando las placas antes y después de su disposición en los puntos de muestreo y por diferencia obteniendo el peso de las partículas sedimentables, el método estadístico fue descriptivo en tablas de frecuencia y se utilizó el análisis de varianza y prueba de rango múltiple para comparar los niveles de contaminación en las tres zonas, así como un mapa georeferenciado. Los resultados fueron: las características socio ambientales indican que el tipo de vivienda predominante en la ciudad de Puno fue de material noble con 76.67%, el material de vía pública más frecuente fue cemento con 50%, la presencia de industria contaminante evidenció que no está presente en el 83.33%, la presencia de viento fue evidente en el 56.67%. La concentración de partículas sedimentables fue mayor en la zona norte con 36.89 g/placa, también fue la más elevada por superficie con 0.0017 ug/cm², las zonas norte y centro presentaron mayor y similar concentración entre sí de partículas, mientras que la zona sur presentó una menor concentración ($p < 0.05$). Se concluye que la ciudad de Puno no supera el valor de referencia de partículas sedimentables establecido por la OMS, sin embargo se identifican zonas de mayor contaminación con dichas partículas. Se determinó influencia significativa para el material de vía pública (cemento) ($p = 0.016$), el resto de los indicadores no mostraron significancia estadística ($p > 0.05$).

Palabras clave: partículas atmosféricas, gravimetría, método pasivo, sedimentable, socio ambiental.

ABSTRACT

The study "Determination of the concentration of sedimentable atmospheric particles based on the socio-environmental characteristics of the city of Puno", was carried out following the type of descriptive research, the city was segmented into three sampling zones (Center, North and South) Following the National Protocol for monitoring the environmental quality of the air, using the passive method, 10 Petri dishes were placed for each area, the results were obtained using the gravimetric technique, weighing the plates before and after they were placed at the sampling points. and by difference obtaining the weight of the sedimentable particles, the statistical method was descriptive in frequency tables and the analysis of variance and multiple range test were used to compare the levels of contamination in the three zones, as well as a georeferenced map. The results were: the socio-environmental characteristics indicate that the predominant type of housing in the city of Puno was noble material with 76.67%, the most frequent material for public roads was cement with 50%, the presence of polluting industry showed that it is not present in 83.33%, the presence of wind was evident in 56.67%. The concentration of sedimentable particles was higher in the northern area with 36.89 g / plate, it was also the highest per surface area with 0.0017 ug/cm², the north and center areas presented higher and similar concentrations of particles, while the southern area presented a lower concentration ($p < 0.05$). It is concluded that the city of Puno does not exceed the reference value for sedimentable particles established by the WHO, however, areas of greater contamination with said particles are identified. A significant association was determined for the material of public roads ($p = 0.016$), the rest of the indicators did not show statistical significance ($p > 0.05$).

Keywords: atmospheric particles, gravimetry, passive method, sedimentary, socio-environmental.

INTRODUCCIÓN

A nivel global se ha experimentado un acelerado crecimiento de la población humana, junto con ello también se ha producido un desarrollo de la industria y la generación de una serie de productos, que han ocasionado fuertes impactos en el medio ambiente, puesto que muchos de ellos emiten cantidades importantes de contaminantes hacia la atmósfera, entre estos contaminantes destaca por su importancia las partículas en suspensión, puesto que son evidentes sobre todo en ciudades importantes por su gran número de vehículos que transitan en sus arterias, así como por el desarrollo de negocios e industrias con emisiones hacia la atmósfera, estas partículas pueden causar problemas en la salud si superan ciertos límites (Zhang *et al.* 2016).

La atmósfera contaminada tiene influencia no solo en el ser humano, sino también en la vida de las plantas y los animales. Pero, así como también se pueden generar fuertes cambios a nivel del clima, básicamente por la producción de la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, solo estas dos manifestaciones son de una importancia global porque afectan a todo el planeta.

Si bien la contaminación de la atmósfera es más evidente en las grandes ciudades de nuestro país como son Lima, Trujillo y Arequipa, también ha empezado a hacerse notoria en ciudades del interior en desarrollo, en buena parte esta contaminación es atribuida al excesivo crecimiento del parque automotor y a otras actividades productivas que generan partículas en suspensión.

La ciudad de Puno como capital de la región del mismo nombre, no está exento a la presencia de estas partículas sedimentables, si bien la industrialización es reducida, otros elementos contaminantes de la atmósfera son evidentes, entre ellos el incremento significativo de vehículos, falta de limpieza de la ciudad, existencia de vías públicas sin asfaltar, entre otros. Así mismo se cuenta con poca información respecto a este tipo de contaminación ambiental por la razón por la que se evidencia la necesidad de investigar la

concentración de partículas atmosféricas sedimentables según sus características socio ambientales de la ciudad de Puno, para así contar con una línea de base que permitan identificar el estado actual de este tipo de contaminante, para realizar las recomendaciones apropiadas para su posterior control y mitigación del mismo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo es el material particulado, la cual se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera. Mészáros, (1999), que tienen como origen diferentes fuentes ya sean naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

Son varios los impactos que se producen a partir de procesos de contaminación atmosférica, entre los que se debe destacar la afectación a la vegetación, a los animales y al propio ser humano, puesto que se produce una disminución de la luz dispersada (Chen *et al.*, 2009).

Al incrementar el material particulado aumenta el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares (hipertensión). Dolores de cabeza, estrés, fatiga, problemas cardiovasculares, desmayos, etc. Deterioro en la percepción auditiva y visual la organización mundial de la salud estableció un límite referencial permisible equivalente $0.50 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.la medición sobre la concentración del polvo atmosférico en Lima metropolitana, (Organización mundial de la Salud,2011) Por ello es importante contar con mediciones del material particulado para estudiar su comportamiento las cuales permitirán aplicar las medidas correctivas adecuadas por las autoridades locales para salvaguardar la salubridad de una determinada población. (Pope *et al.*1991).

La ciudad de Puno no se encuentra exenta a la presencia de estas partículas sedimentables ya que, gracias al crecimiento urbano, el incremento del parque automotor y el desarrollo de actividades de producción que amerita combustión de energías no renovables como fuente primaria de energía y estas a su vez generan partículas en suspensión, bajo estas consideraciones se realizó la siguiente formulación del problema:

Problema general:

- ¿Cuál es la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en función de las características socio ambientales de la ciudad de Puno?

Problemas específicos:

- ¿Cuáles son las características socio ambientales de las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno?
- ¿Cómo influye el comportamiento socio ambiental en la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno?

1.2. ANTECEDENTES

A nivel internacional

Bisht *et al.* (2016) se demostró que área de Development Corporation of Uttarakhand Limited (SIDCUL) está muy contaminada debido al tráfico de la carretera y las actividades industriales asociado a menudo con la degradación de los pigmentos de las plantas y la posterior alteración en la fisiología y la bioquímica.

Urtado (2017) realiza el análisis de la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable, De acuerdo a los resultados obtenidos en el monitoreo, la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable, mediante el método de muestreo pasivo es de 341.95 mg/cm² /mes en la Zona 1, 445.95 mg/cm² /mes en la Zona 2 y 288.975 mg/cm² /mes en la zona 3

valores promedios durante los meses de octubre y noviembre, que superan los establecidos por la OMS.

Rojas y Huamán (2017) concluyeron que el material particulado en fracción respirable sobrepasa el límite máximo permisible (150 ug/m^3) y por lo tanto genera una contaminación ambiental. - Los valores mínimos $2941,48 \text{ ug/m}^3$ y máximo 11940 ug/m^3 , superan en aproximadamente 20 veces y 80 veces respectivamente. - Se encontró sílice como contaminante medioambiental como parte del cemento.

Lozano (2012) en su estudio indica un valor final en promedio de 0.70 mg/cm^2 al mes de concentración de partículas sedimentables en la atmósfera, este valor se encuentra por encima del valor permisible de 0.2 mg/cm^2 al mes, puesto que como ha establecido la Organización Mundial de la Salud estos valores no deberían ser mayores al 0.5 mg/cm^2 al mes.

Marcos *et al.*, (2008) manifiesta que en la realización de un estudio se realizó la evaluación de las partículas atmosféricas en suspensión, la misma que se efectuó en diferentes puntos de muestreo, estos resultados fueron contrastados con el que recomienda la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), las comparaciones realizadas indican que dos puntos de muestreo superaron este valor límite, lo cual indica un nivel de contaminación por partículas sedimentables importante.

Cotrina *et al.* (2008) en su estudio realizado en la ciudad de Lima, señala en sus resultados para la zona de Lima norte con $20,7 \text{ t/km}^2.\text{mes}$; en Lima centro-este indica un valor de $26,7 \text{ t/km}^2.\text{mes}$; mientras que en la zona de Lima sur-este determinó $28,8 \text{ t/km}^2.\text{mes}$. Se determinó que el 83% de los puntos de muestreo presentaron valores que excedieron los límites permisibles para este contaminante, así se tiene que el promedio del mes de la totalidad de los puntos fue de $10,4 \text{ t/km}^2.\text{m}$, estos valores son indicadores de zonas con importante nivel de contaminación por estas partículas.

Bances *et al.*, (2003) realizó una investigación para analizar el material particulado expresado en peso, además de realizar mediciones de las partículas, además de las concentraciones de sustancias como el óxido de nitrógeno, de azufre, monóxido de carbono y anhídrido carbónico, los resultados identificaron que el tamaño de las partículas analizadas fueron en su mayor parte de $46\mu\text{m} - 0\mu\text{m}$ en un 31% de frecuencia, mientras, asimismo se realizó una entrevista a las personas respecto a la contaminación de partículas atmosféricas, evidenciándose afectaciones mayormente relacionadas con el aparato respiratorio.

Arciniegas (2012) indica que el material en suspensión está considerado entre las principales formas de contaminación de la atmósfera, el origen de ellas puede tener a la actividad del hombre en el planeta, pero también se puede presentar de forma natural, estas partículas tienen diversas propiedades químicas, físicas y de forma. Concluye que las consecuencias en la salud atribuibles a niveles elevados de partículas suspendidas, se asocia con enfermedades respiratorias y cardíacas, en muchos casos perjudica la calidad de vida del ser humano.

A nivel nacional

Huanca (2016) mediante un estudio analizó las actividades humanas de mayor importancia en la ciudad de Juliaca, determinó que la de mayor importancia es el tránsito de vehículos con un valor promedio de 10 988 vehi/día, mientras que la contaminación de material particulado fue mayor en la zona central de la ciudad, directamente relacionada con el mayor tránsito de vehículos en la misma, el resto de zonas de la ciudad evaluadas presentaron menores niveles de contaminación a los señalados

Suárez *et al.* (2017) indica para la ciudad de Huancayo los resultados de MP10 ($64,54 \pm 30,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y MP2,5 ($34,47 \pm 14,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) superaron la normativa anual de calidad del aire peruano, siendo el MP2,5 el que representa mayor abundancia en comparación a otras ciudades importantes. También se evidencia una mayor concentración de MP10 y MP2,5

en periodo seco. La determinación de la composición química indicó que los elementos geológicos (8%), metales (12%) y metaloides (7%) fueron los componentes más abundantes en el MP10 y los no metales (4%), iones (11%) y especies carbonáceas (44%) en el MP2,5. La problemática del MP en la ciudad de Huancayo evidencia el mayor riesgo del MP2,5 a la salud de su población, siendo el sector transporte una de las fuentes de emisión más importantes

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en función a las características socio ambientales de la ciudad de Puno.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características socio ambientales de las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno.
- Determinar la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno.
- Analizar la influencia entre características socioambientales en la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica es la liberación de un químico o material nocivo a la atmósfera. Las consecuencias pueden ser devastadoras: el dióxido de carbono, por ejemplo, es una de las principales causas del cambio climático, mientras que el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre se combinan para formar una lluvia ácida nociva para los seres vivos (Bell *et al.* 2018).

La emisión atmosférica de tóxicos ha sido una gran preocupación debido a sus efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente (Janta y Chantara. 2017; Mateus *et al.* 2013). Los estudios de monitoreo del aire son el proceso de recolección de muestras de aire con el objetivo de cuantificar la concentración de contaminantes en el aire de un área de interés. Sin embargo, estos estudios están restringidos a grandes ciudades o industrias privadas, que tienen altos presupuestos y pueden comprar y mantener el costoso equipo necesario para las técnicas estándar clásicas (EPA, 1999).

En este sentido, los estudios que ayudan a comprender los mecanismos de toxicidad de estos contaminantes en los seres vivos son extremadamente importantes (Bianchi *et al.* 2015).

La contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas.

el desarrollo del transporte y el uso de los combustibles han incrementado la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera y otros gases que son muy perjudiciales para la salud, como los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno. (Martínez *et al.* 2004)

La contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o global, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores. (Girón *et al.* 2016).

2.1.2 Concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS)

La concentración promedio de polvo atmosférico sedimentable (PAS) es considerado como aquellas partículas con diámetro < 100 micrómetros, llega a un promedio de 13.7 t/km²/mes en zonas con una alta contaminación de las mismas. La guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como tolerable 5 t/km²/mes. (OMS, 2011)

El polvo atmosférico está formado por una serie de material particulado, cuya dimensión se encuentra entre las 10 micras de diámetro, de tal manera que su peso es suficiente para que la fuerza de gravedad ejerza sobre ellos atracción hacia la superficie de la tierra, por lo que todas estas partículas se depositan en forma de polvo en todas las superficies que se encuentren en su tránsito, como son las paredes de edificios, en áreas verdes sobre las plantas, en las calles, por lo que al ser removidas por algún vehículo o el viento, las mismas vuelven al aire y comienzan otra vez a precipitarse, de todo el conjunto de las formas de estas partículas las que representan un mayor riesgo son las de menor diámetro (finas), puesto que estas pueden ingresar al sistema respiratorio del ser humano, pudiendo causar diversos problemas de salud.

La zona crítica de más alta concentración de polvo atmosférico sedimentable se produjo en el Agustino (Lima), que alcanzó 33.9 t/km²/mes, siendo superior en 6.78 veces a lo recomendado por la OMS, mientras que la zona de menor concentración de polvo atmosférico sedimentable se presentó en el distrito de Bellavista al obtenerse un promedio

de 3.5 t/km²/mes, inferior al valor de referencia de la OMS, que corresponden al mes de febrero 2012, el punto crítico de contaminación por polvo atmosférico se registró en el núcleo Lima Norte, integrado por el distrito de Independencia que llegó a 26.5 t/km²/mes, es decir fue 5.3 veces a lo recomendado por la OMS. Comparado con el mes anterior aumentó en 0.4%, pero, en relación a similar mes del año anterior decreció 9.9%. En los distritos de El Agustino, Cercado y Lurigancho en la zona de Lima Centro Este, el contaminante alcanzó 26.2 t/km²/mes, siendo 5.24 veces el valor guía establecido por la OMS, sin embargo, se incrementó en 17.0% respecto a enero del 2012, pero, disminuyó en 9.7% al compararlo con similar mes del año anterior. (INEI, 2012).

En Lima Sur Este en el distrito de Pachacamac este valor alcanzó 21.8 t/km²/mes cifra que aumentó en 8.5% respecto al mes anterior (enero 2012) y en 23.2% en relación a similar mes del año anterior. Pero comparado con la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud fue 4.36 veces este valor, evidenciándose contaminación de partículas atmosféricas sedimentables en la principal ciudad de nuestro país según las Estadísticas Ambientales (INEI 2012).

En el mes de estudio en la zona de Lima Sur en el distrito de Villa María del Triunfo, la contaminación por polvo atmosférico alcanzó 19.2 t/km²/mes, cifra que representó un incremento de 8.5% en relación al mes anterior, mientras que disminuyó 11.5% respecto a similar mes del año anterior, no obstante, que este valor fue 3.84 veces el valor guía de la Organización Mundial de la Salud-OMS (OMS, 2011).

2.1.3. Contaminación atmosférica y sus efectos en la salud

Es de suma importancia considerar los impactos negativos que causa la contaminación del aire en la salud de la población, originando la ocurrencia de enfermedades, por lo que es importante un ordenamiento y la mejor disposición de las actividades urbanas para reducir los impactos negativos al medio ambiente y a la salud de la población (OMS, 2011).

Los efectos principales son:

Tabla 01. Sustancias contaminantes y efectos sobre la salud

	EFFECTOS SOBRE LA SALUD
CO, CO ₂	Dolores de cabeza, estrés, fatiga, problemas cardiovasculares, desmayos, etc.
Óxidos de nitrógeno y azufre (NOX y SOX)	Deterioro en la percepción auditiva y visual. Enfermedades bronquiales, irritación del tracto respiratorio, Cáncer, disminución de defensas anti-inflamatorias pulmonares.
Mercurio y las dioxinas	Produce problemas en el desarrollo mental de los fetos, enfermedades ocupacionales en ciertas industrias.
Cadmio	Enfermedades en la sangre.
Polvos	Enfermedades a la vista y pulmonares.
PTS; PM10, PM2.5	Infección de las membranas mucosas.
Dióxido de azufre (SO ₂)	Bronco constricción en asmáticos y malestar torácico.
Plomo	Deterioro del coeficiente de inteligencia en niños, efectos cardiovasculares (hipertensión).
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	Irritación ocular, intoxicación, edema pulmonar.

Fuente: Organización Mundial de la Salud. 2011.

2.1.4 Método pasivo de partículas atmosféricas

La utilización de este método tiene ventajas sobre otros, puesto que no requiere equipo especializado de succión, sino que se fundamenta en el uso de una superficie muestreadora de peso y dimensiones conocidas, la misma que debe ser expuesta al ambiente contaminado por un tiempo apropiado (alrededor de un mes), para recolectar partículas sedimentables, la cantidad de las mismas se determina por medio del pesaje respectivo antes y después de la evaluación, la forma de la superficie es variado pero por lo general se utilizan discos de peso y dimensión conocida.

Desventajas: No están desarrolladas para todos los contaminantes, sólo proporcionan valores promedios con resoluciones típicas semanales o mensuales; no tienen gran exactitud (sirven solo como valor referencial), en general requieren de análisis de laboratorio. (Molina y Molina 2001; Cotrina *et al.* 2008).

2.1.5. Criterios básicos para el estudio con método pasivo.

El parámetro ambiental bajo esta metodología es:

Partículas sedimentables: Son aquel material particulado que por su propio peso en un momento permanecen suspendidos en la atmósfera y luego tienden a precipitarse de manera espontánea (Molina y Molina, 2001).

Además este método se caracteriza porque para su implementación no se utiliza bomba de succión para filtrar el aire que se desea muestrear, por lo que se fundamenta básicamente en el principio de precipitación de partículas, por lo general en una placa de vidrio, de tal manera que a partir de la diferencia del peso del sustrato se obtenga la cantidad de material particulado colectado, respecto a un periodo de tiempo que puede variar desde dos horas hasta el mes de toma de muestra, es en las condiciones de laboratorio donde se realiza la recuperación del contaminante y mediante gravimetría se obtiene de manera cuantitativa su peso, el cual puede ser extrapolado a una área específica para realizar comparaciones válidas.

2.1.6 Criterios para la ubicación de puntos de muestreo.

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para la ubicación de los puntos de muestreo:

Las Unidades Socio – Económicas: se toma en cuenta las actividades económicas como: lugares donde se encuentra la mayor concentración del comercio, calles de la ciudad con mayor tránsito vehicular y locales con mayor confluencia poblacional. (Molina y Molina, 2001).

Geografía.

Los puntos de muestreo se ubicarán considerando la topografía del área, Velocidad y Dirección del Viento, humedad relativa, temperatura, precipitación para que sea accesible la toma de muestra sin dificultades. (Molina y Molina, 2001).

Infraestructura.

La ubicación de los puntos de monitoreo debe hacerse en una altura que garantice accesibilidad y protección por parte de la vivienda u otros. (Molina y Molina, 2001).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Contaminación: Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes medibles en lugares, formas y concentraciones tales que sobrepasen los Límites Máximos Permisibles (LMP) y sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos (Cotrina *et al.* 2008).

Muestreo: se refiere al proceso por el cual se elige un subconjunto de individuos a partir de una población, esta se toma con la intención de obtener información válida para toda la población, por lo cual la muestra debe ser elegida con un nivel de confianza prefijado, por lo que se espera que la información recabada sea inferida para todo el resto que no constituye la muestra (Harris, 1995).

Monitoreo: significa en general observar o controlar algo. En el contexto del lugar de trabajo, el monitoreo se refiere a la vigilancia de las prácticas laborales en comparación con un conjunto establecido de estándares laborales llevada a cabo por una persona (o varias personas) con una presencia regular o frecuente en el lugar de trabajo y con acceso irrestricto a la gerencia y el personal. "Frecuente", en este contexto, significa estar presente en el lugar de trabajo con la frecuencia suficiente para poder detectar variaciones en una conducta estándar. En el contexto de un código de prácticas laborales, monitoreo significa observar lugares de trabajo cubiertos por un código para determinar si se implementan y se cumplen con las disposiciones del código. Esto puede contrastarse con los términos

“inspección” o “auditoría” que pueden describir actividades que no son necesariamente continuas o repetidas (Cotrina *et al.* 2008).

Estación de Monitoreo: Sitio geográfico exacto donde se realiza el muestreo de un ecosistema, en particular de su vegetación (geografía, fisionomía, composición florística). Generalmente los puntos de muestreo son indicados en fotografías aéreas y sus coordenadas son verificadas mediante el uso de un GPS (Cotrina *et al.* 2008).

Muestreo Pasivo: Se denomina así a la forma de muestreo que no utiliza un esfuerzo adicional para recolectar partículas sedimentables, se espera que la precipitación de las mismas se produzca de manera espontánea provocada por su propio peso, por lo que no se requiere de equipos especializados, sino básicamente de una superficie colectoras de tamaño y peso conocido.(Cotrina *et al.* 2008).

OMS: Es la sigla de la Organización Mundial de la Salud, una entidad que se encarga de la gestión de políticas sanitarias a nivel global. Se rige por la Asamblea Mundial de la Salud. Fuente: (OMS, 2011) Organización Mundial de la Salud.

Partículas Sedimentables: Son todas las partículas sólidas que se encuentran en el aire y pueden sedimentarse sobre la superficie terrestre u objeto o infraestructura que lo ocupe y está formado entre otras cosas por polvo, polen, hollín, humo, etc. (Harris, 1995).

Estratiforme: Que tiene forma de estrato dispuesta horizontalmente en capas de más o menos espesor que, sinónimos de capas, estratos, estratificado. (Calzada Benza, 1985).

Las partículas finas PM2.5: Son todas aquellas partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 2.5µm. Estas partículas se pueden acumular en el sistema respiratorio y son asociadas con numerosos efectos negativos de salud, como aumento en enfermedades respiratorias y disminución del funcionamiento pulmonar (Corpo Cesar. 2014).

PM10: Son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 µm, es decir, comprende las fracciones fina y gruesa.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Existe concentración de partículas atmosféricas sedimentables en función a las características socio ambientales de la ciudad de Puno.

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las características socio ambientales son diferentes en las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno.
- La concentración de partículas atmosféricas sedimentables varía en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno.
- Existe influencia de algunas características socio ambientales sobre la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Zona de estudio

El presente estudio se realizó en las tres zonas principales de la ciudad de Puno ,para la toma de muestras que se encuentra a una altitud de 3812 sobre el nivel del mar en Coordenadas geográficas Latitud: 15°50'31" S. Longitud: 70°01'11" O.

Tabla 02. Zonas principales de la ciudad de Puno

N	Zona	Latitud	Longitud
1	Centro	-15.845609	-70.021934
2	Centro	-15.846029	-70.020049
3	Centro	-15.844696	-70.023156
4	Centro	-15.842261	-70.027695
5	Centro	-15.846974	-70.02174
6	Centro	-15.847018	-70.021791
7	Centro	-15.832217	-70.01993
8	Centro	-15.841498	-70.024778
9	Centro	-15.841377	-70.024706
10	Centro	-15.838553	-70.02593
11	Norte	-15.845665	-70.022126
12	Norte	-15.84604	-70.02005
13	Norte	-15.842119	-70.032973
14	Norte	-15.826788	-70.03093
15	Norte	-15.830186	-70.020002
16	Norte	-15.828708	-70.018295
17	Norte	-15.828954	-70.030201
18	Norte	-15.848572	-70.02697
19	Norte	-15.821548	-70.02564
20	Norte	-15.832547	-70.03547
21	Sur	-15.834235	-70.01836
22	Sur	-15.84786	-70.019377
23	Sur	-15.857582	-70.016985
24	Sur	-15.829858	-70.033434

25	Sur	-15.862632	-70.01528
26	Sur	-15.851745	-70.016586
27	Sur	-15.864178	-70.01435
28	Sur	-15.864397	-70.012671
29	Sur	-15.856549	-70.014749
30	Sur	-15.849871	-70.012587



Figura 01. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

Google. (s.f.). [Mapa de Puno, Perú en Google maps]. Recuperado el 3 de junio, 2019

3.2. Población y muestra

La población es la ciudad de Puno, mientras que la muestra se consideraron las tres partes principales de la ciudad como son zona central, norte y sur, las mismas que muestran condiciones socio ambientales diferentes.

Muestra no Probabilística: Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra. (Hernández, 2014) La elección de elementos se basa parcialmente en el criterio del investigador (Kínder y Taylor, 1993)

Se tomó una muestra no probabilística de 10 casas, haciendo un total de 30 muestras, distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 03. Distribución de muestra en el ámbito de estudio

Zona	Muestras	Porcentaje
Central	10	33.33
Norte	10	33.33
Sur	10	33.33
Total	30	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a EPA 1995

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptivo cuasi experimental, debido a que se toma la información tal como se encuentra, sin ninguna manipulación de las variables en estudio.

(Tamayo y Tamayo M., 2003) Pág. 35, en su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”.

3.4. Metodología

3.4.1. Para el primer objetivo: Evaluar las características socio ambientales de las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno.

Se realizó la aplicación de una ficha de registro, donde se ha consignado la identificación de la vivienda como es el barrio, calle o jirón y las respectivas coordenadas de ubicación, además se consideró las variables socio ambientales, considerando básicamente el tipo de vivienda, material de la vía pública, presencia de alguna industria contaminante, los cuales permitirán explicar la variación de las partículas atmosféricas sedimentables en las tres zonas de muestreo.

3.4.2. Para el segundo objetivo: Determinar la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno.

La metodología consistió en el trabajo de campo para realizar las mediciones, de laboratorio, así como de gabinete en base a la metodología del muestreo pasivo que determina lo siguiente:

Metodología de Campo.

Muestreo Pasivo:

Se tomó como referencia lo indicado por la OMS para evaluaciones de la calidad del aire, mediante la utilización de la técnica pasiva de recolección, puesto que como lo indican son de bajo costo y eficientes para este tipo de estudio, donde se desea realizar un estudio de sondeo de la calidad del aire, la colección de las partículas atmosféricas sedimentables se realizó durante un mes, mediante la utilización de placas Petri como medio de colecta. (DIGESA, 2005).

Parámetro a Evaluar:

El parámetro considerado para la evaluación de la calidad del aire en la Ciudad de Puno fue la siguiente:

Partículas Sedimentables (PS).

Determinación y Ubicación de Puntos de Monitoreo – Muestreos:

La ciudad de Puno se sectoriza en 03 zonas (1, 2, 3) de acuerdo al criterio de dinámica socioeconómica, densidad poblacional y transitabilidad, el cual se detalla:

Zona 1, Zona Céntrica de la ciudad de Puno.

Zona 2, Zona Sur de la ciudad de Puno.

Zona 3, Zona Norte de la ciudad de Puno.

Procedimiento para su ubicación:

- Se procedió al rotulado de las placas Petri, de acuerdo a la denominación de los puntos de monitoreo con tinta indeleble para evitar que se pierda la identificación de la misma en el cual además consignará su peso inicial.
- Luego, cada recipiente ha sido ubicado en 30 viviendas de la ciudad de Puno, colocado en el segundo piso, sobre cada base de las ventanas o balcones, que presente condiciones de seguridad y estabilidad para luego ser retirada la muestra en 30 días, el muestreo se realizará durante 30 días.
- Las zonas donde se ubicaron los puntos de muestreo contaron con balcones para su protección o similar infraestructura.

Procedimiento de Recolección y Análisis de Muestras.

Previo al recojo de las muestras se utilizó las medidas de seguridad para evitar contaminación de la muestra para luego pesar los sustratos de muestras en una balanza analítica.

- Al día 30 se procedió a recolectar las placas, cada uno en sus respectivos sobre rotulados y con su peso inicial que fue previamente registrado antes de ser colocado en el recipiente.
- Se realizó la recolección de muestras de los 30 puntos de muestreo al culminar el periodo total de 30 días.

- Las muestras obtenidas en los puntos de muestreo fueron herméticamente cerrados y fueron abiertas en laboratorio para ser pesados en una balanza analítica y por diferencia de peso se determinó el peso de las partículas.

- Determinado el peso de las partículas se proyectó la concentración tomando en cuenta la superficie del recipiente.

El método analítico cuantitativo que se utilizó, se caracteriza por la determinación de la cantidad de material particulado se obtiene por medio de una diferencia de pesos, un pesado se realiza al inicio del estudio, donde se coloca la placa de detención en el lugar de muestreo, esta placa debe estar limpia y su peso no debe presentar variaciones apreciables por efecto del clima, se recomienda realizar las mediciones del peso en una balanza de precisión, considerando que puede ser expresado en miligramos o aun en unidades menores.

La fórmula de cálculo para el peso de sustrato de las partículas atmosféricas sedimentables de acuerdo a (DIGESA, 2005) fué la siguiente:

$$PAS = PS = ((\text{mg}/\text{cm}^2) \text{ Mes}) = (\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}/\text{Área}) 1 \text{ Mes}.$$

3.4.3. Para el tercer objetivo: Analizar la asociación entre características socio ambientales y la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.

Una vez medidas las dos variables del estudio, se procedió a realizar el análisis de asociación entre las mismas, para analizar si algunas de las condiciones socio ambientales de la ciudad de Puno, se encuentran asociadas a la concentración de partículas atmosféricas sedimentables.

Considerando que las concentraciones los límites permisibles no fueron superados en las tres zonas de evaluación, se procedió a categorizar las concentraciones obtenidas en tres niveles (alto, medio y bajo), con fines de analizar la asociación estadística, para ello se utilizó la prueba de asociación de Chi cuadrado con un nivel de confianza del 95%.

3.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de resultados fue el siguiente:

Tabla 04. Análisis de varianza (ANOVA) de efectos fijos balanceado, método abreviado.

F. de V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F _c	F _t	
					0.05	0.01
Tratamientos (Zonas)	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - TC$	$\frac{SC_{Trat}}{GL_{Trat}}$	$\frac{CM_{Trat}}{CM_{ErrExp}}$		
Dentro tratamientos (Error experimental)	$t(r - 1)$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r}$ $SC_{Tot} - SC_{Trat}$	$\frac{SC_{ErrExp}}{GL_{ErrExp}}$			
Total	$tr - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - TC$				

Fuente: (Box E. P. G., 2001)

Al resultar el análisis de varianza ANOVA estadísticamente significativo, se procedió con una prueba de rango múltiple, para verificar entre qué zonas de la ciudad de Puno existe diferencia respecto a la concentración de partículas sedimentables.

Pruebas de rango múltiple

Procedimiento:

- 1) Encontrar el error estándar de la media: $S_{\bar{X}}$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{2CM_{EE}}{r}}$$

r : Número de repeticiones

CM_{EE} : Cuadrado Medio del Error Experimental

- 2) Encontrar la Amplitud Estudiantizada Significativas de Tukey: AES(D)

$$AES(D) = D_{(t-1, GL_{EE}); \alpha}$$

- 3) Determinar la Amplitud Límite de Significación
Amplitud Límite de Significación de Tukey: ALS (D)

$$ALS(D) = AES(D)S_{\bar{X}}$$

- 4) Ordenar los promedios de los tratamientos en serie por su magnitud en forma decreciente y realizar las diferencias de medias entre los mismos.

Materiales y equipos

- GPS.
- Balanza Analítica.
- Cámara Fotográfica Digital.
- Computadora
- Placas Petri.
- Sujetadores
- Materiales de escritorio
- Recipiente para transporte de muestras

Operacionalización de variables

Tabla 05. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicador	Índice	Escala
Independiente	Tipo de vivienda	Adobe Material noble		
X= Características socio ambientales	Material de la vía pública	Asfalto Cemento Tierra afirmada	Adecuado Inadecuado	Nominal
	Presencia de alguna industria contaminante	Chimeneas Ladrilleras Otro		
	Viento	Si No		
Dependiente	Zona central	Concentración Alta	Mg/cm ² /mes	Continua
Y= Partículas sedimentables	Zona Norte	Concentración Media		
	Zona Sur	Concentración Baja		

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Características socio ambientales de las zonas central, sur y norte en la ciudad de Puno.

Tabla 06. Tipo de vivienda en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Tipo Vivienda	Adobe		Material Noble		Total	
Zona	N	%	N	%	N	%
Centro	3	30.00	7	70.00	10	100.00
Norte	2	20.00	8	80.00	10	100.00
Sur	2	20.00	8	80.00	10	100.00
Total	7	23.33	23	76.67	30	100.00

En la Tabla 06, se observa el tipo de vivienda en las tres zonas de la ciudad de Puno, en donde se realizó el estudio concentración de partículas atmosféricas sedimentables, se obtuvo en la zona Centro un 30% de viviendas de material de adobe, el 70% restante las viviendas fueron de material noble. En la zona Norte el 20% fueron viviendas de adobe y un 80% de material noble. En la zona sur se evaluaron 20% de viviendas de adobe y 80% de material noble.

En general en la muestra de estudio se determinó que el 23.33% de las viviendas eran de material de adobe, mientras que el 76.67% fueron viviendas construidas de material noble, por lo cual se afirma que predominan viviendas de material noble.

Tabla 07. Material de la vía pública en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Material Vía Pública	Asfalto		Cemento		Tierra afirmada		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Zona								
Centro	2	20.00	8	80.00	0	0.00	10	100.00
Norte	2	20.00	5	50.00	3	30.00	10	100.00
Sur	6	60.00	2	20.00	2	20.00	10	100.00
Total	10	33.33	15	50.00	5	16.67	30	100.00

En la Tabla 07, se observa el tipo de material de la vía pública en las tres zonas de la ciudad de Puno, en donde se realizó el estudio concentración de partículas atmosféricas sedimentables, se obtuvo en la zona Centro un 20% de vías de asfalto, un 80% son de cemento y no se observaron vías de tierra afirmada (0%). En la zona norte se determinó 20% de vías de asfalto, 50% de vías de cemento y 30% de tierra afirmada. Mientras que en la zona sur el 60% fueron de asfalto, 20% de vías de cemento y 20% de vías de tierra afirmada.

En general en la muestra de estudio se determinó que el 33.33% de las vías eran de material de asfalto, mientras que 50% eran de cemento y 16.67% eran vías de tierra afirmada.

Tabla 08. Presencia de industria contaminante en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Industria Contaminante	Chimenea		Ladrillera		Ninguno		Total		
	Zona	N	%	N	%	N	%	N	%
Centro		3	30.00	0	0.00	7	70.00	10	100.00
Norte		2	20.00	0	0.00	8	80.00	10	100.00
Sur		0	0.00	0	0.00	10	100.00	10	100.00
Total		5	16.67	0	0.00	25	83.33	30	300

En la Tabla 08, se observa la presencia de industria contaminante en las tres zonas de la ciudad de Puno en donde se realizó el estudio concentración de partículas atmosféricas sedimentables, se obtuvo en la zona Centro un 30% de las viviendas presentaron alguna chimenea cercana, ninguna ladrillera (0.00%) y en 70% de las viviendas no presentaron ninguna industria contaminante en cercanías. En la zona norte de la ciudad se tiene 20% con chimeneas cercanas, ninguna ladrillera cercana (0.00%) y en el 80% de las viviendas no se observó industria contaminante alguna. En la zona sur no se identificó ninguna vivienda con chimenea cercana (0.00%) y 80% no presentaba ninguna industria contaminante.

En términos generales en la muestra de estudio se determinó que un 16.67% de las viviendas presentaron alguna chimenea cercana, mientras que el 83.33% no presentaron ninguna industria contaminante cercana a las mismas.

Tabla 09. Presencia de viento en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Viento	No		Sí		Total	
Zona	N	%	N	%	N	%
Centro	4	40.00	6	60.00	10	100.00
Norte	1	10.00	9	90.00	10	100.00
Sur	8	80.00	2	20.00	10	100.00
Total	13	43.33	17	56.67	30	100.00

En la Tabla 09, se observa la presencia de viento en las tres zonas de la ciudad de Puno, en donde se realizó el estudio concentración de partículas atmosféricas sedimentables, se obtuvo en la zona Centro un 40% de las viviendas en donde no se percibió viento, mientras que en un 60% si se evidencio viento en su lugar, en la zona norte el 10% no presentó viento y en 90% si se presentó viento, mientras que en la zona sur en un 80% no se presentó viento y en el 20% sí hubo presencia de viento al momento de las evaluaciones.

En términos generales en la muestra de estudio se determinó que en un 43.33% de las viviendas no se observó presencia de viento, mientras que en el 56.67% sí se observó presencia de vientos.

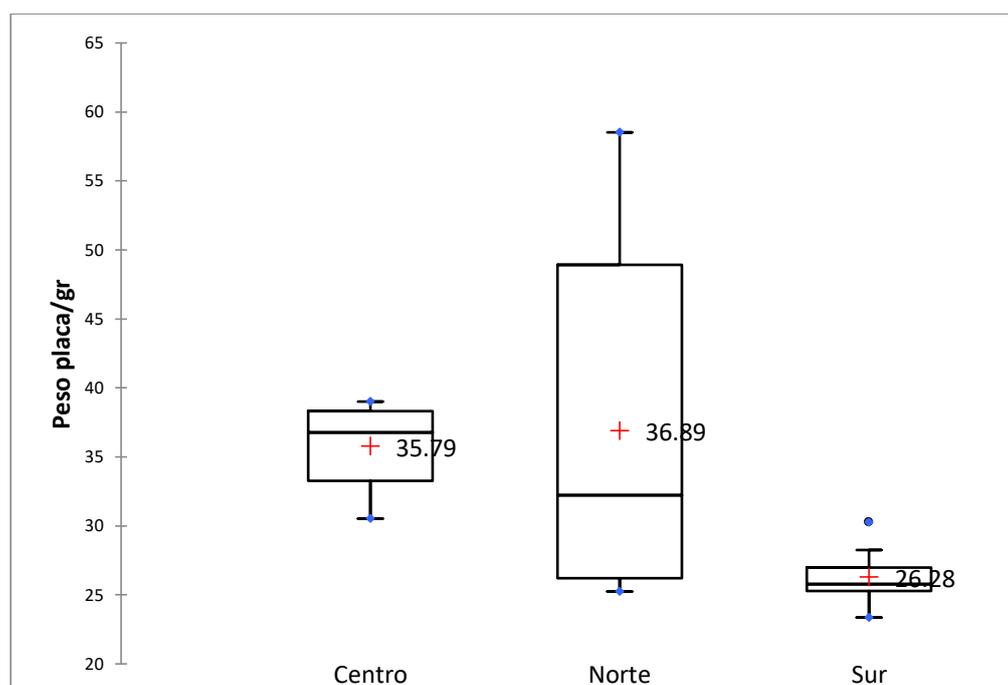
4.2. Concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la zona central, sur y norte de la ciudad de Puno.

Los resultados fueron:

Tabla 10. Concentración de partículas (gr/placa) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Estadístico	Centro	Norte	Sur
No. de observaciones	10	10	10
Mínimo	30.55	25.24	23.35
Máximo	39.01	58.54	30.25
Media	35.79	36.89	26.28
Desviación estándar	2.82	12.75	1.82

Figura 02. Concentración de partículas (gr/placa) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019



En la Tabla 10 y Figura 02, se observa que el peso de partículas atmosféricas sedimentables en la zona Centro de la ciudad de Puno por placa, presentó un valor mínimo de 30.55 gr, con un valor máximo de 39.01 gr y con una media de 35.79 gr/placa. En la zona Norte se obtuvo un valor mínimo de 25.24 gr y máximo de 58.54 gr y con media de 36.89 gr/placa. En la zona Sur de la ciudad el peso de placas mínimo fue de 23.35 gr, con valor máximo de 30.25 gr y con una media de 26.28 gr/placa. Respecto a la desviación estándar de los valores se observa que la zona norte presenta la mayor variación 12.75 gr, lo que indica que en esta zona se observaron valores particularmente elevados de partículas sedimentables.

Como lo ha señalado Bisht *et al.*, (2016), la contaminación por partículas suspendidas se atribuyen al tráfico de la carretera y las actividades industriales asociadas, entre los efectos que se pueden producir está la degradación de los pigmentos de las plantas y la posterior alteración en la fisiología y la bioquímica de los mismos.

Así mismo Urtado, (2017), señala que la concentración de polvo atmosférico sedimentable, mediante muestreo indica valores promedios durante los meses de octubre y noviembre, que superan los establecidos por la Organización Mundial de la Salud, si bien nuestros resultados no superaron el valor de dicha referencia, se puede señalar que existe evidencia de contaminación por partículas sedimentables en la ciudad de Puno.

Tabla 11. Concentración de partículas (mg/cm^2) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Estadístico	Centro	Norte	Sur
No. de observaciones	10	10	10
Mínimo	0.0007	0.0003	0.0001
Máximo	0.0014	0.0030	0.0007
Media	0.0011	0.0012	0.0004
Desviación estándar	0.0002	0.0011	0.0002

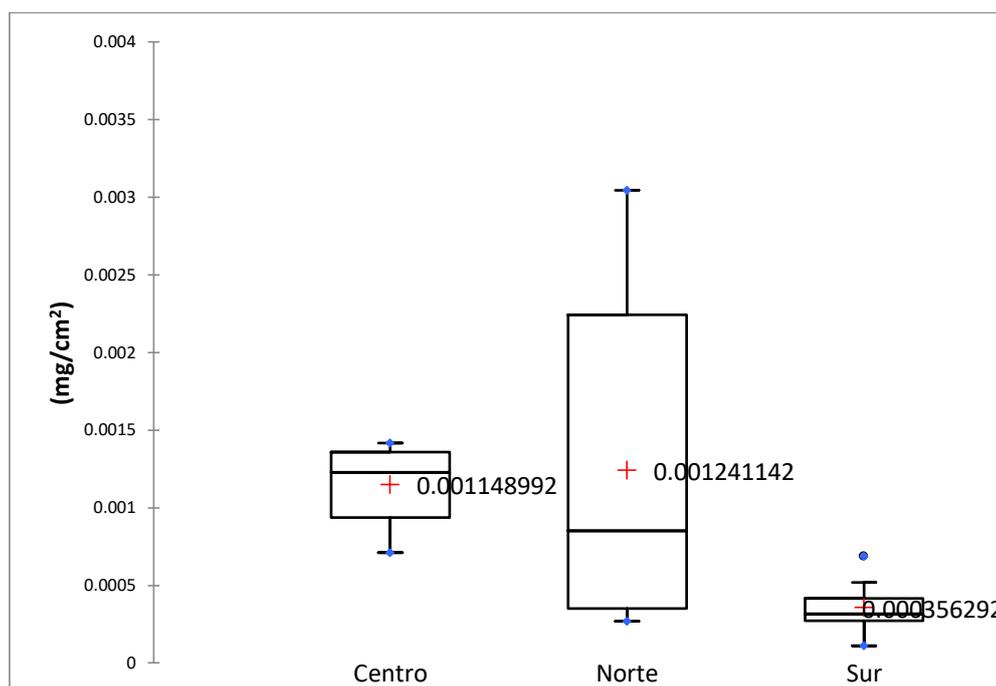


Figura 03. Concentración de partículas (mg/cm^2) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

En la Tabla 11 y Figura 03, se observa que el peso de partículas atmosféricas sedimentables en la zona Centro de la ciudad de Puno se presentó un valor mínimo de $0.0007 \text{ mg}/\text{cm}^2$, con un valor máximo de 0.0014 y con una media de $0.001 \text{ mg}/\text{cm}^2$. En la zona Norte se obtuvo un valor mínimo de $0.0003 \text{ mg}/\text{cm}^2$ y máximo de 0.0030 y con media de $0.0012 \text{ mg}/\text{cm}^2$. En la zona Sur de la ciudad el peso mínimo fue de $0.0001 \text{ mg}/\text{cm}^2$, con valor máximo de $0.0007 \text{ mg}/\text{cm}^2$ y con una media de $0.0004 \text{ mg}/\text{cm}^2$. Respecto a la desviación estándar de los valores se observa que la zona norte presenta la mayor variación 0.0011 mg , lo que indica que en esta zona se observaron valores particularmente elevados de partículas sedimentables por centímetro cuadrado.

Mientras que Lozano, (2012), reporta un promedio final es de $0.70 \text{ mg}/\text{cm}^2 - \text{Mes}$, de partículas atmosféricas sedimentables el cual sobrepasa en $0.2 \text{ mg}/\text{cm}^2 - \text{Mes}$, en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental establecida por la Organización Mundial de la Salud OMS que es $0.5 \text{ mg}/\text{cm}^2 - \text{Mes}$. En nuestro estudio los valores en todas las muestras estuvieron por debajo de este valor de referencia.



Figura 04. Mapa de concentración de partículas (mg/cm²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

En la Figura 04 se muestra el mapa de concentración de partículas, se observa diversos niveles de contaminación, en términos generales se observa una mayor contaminación por este tipo de partículas en la zona Central de la ciudad, atribuible a una mayor circulación de vehículos que provocan que hayan precipitadas en superficies se vuelvan a suspender en el aire y posteriormente continúen el ciclo. En la zona Sur de la ciudad se presentó la menor concentración de partículas por metro cuadrado, atribuible a que en esta zona existe una mayor circulación de aire por estar abierto a las brisas del lago Titicaca, si bien existen algunas ladrilleras en esta zona, estas se hallan alejadas de la zona urbana, es así que en nuestras muestras no se tuvo alguna ladrillera cercana a las mismas.

Tabla 12. Análisis de varianza para la concentración de partículas (mg/cm²) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Zonas	2	0.0000047	0.0000024	5.293	0.012*
Error	27	0.0000121	0.0000004		
Total corregido	29	0.0000168			

Diferencia estadística significativa (*)

La Tabla 12, el análisis de varianza señala la existencia de diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) para la fuente de variación Zonas, con lo cual se determina que los valores de concentración de partículas sedimentables en la ciudad de Puno, presenta variaciones según la zonas en las que se tomaron las muestras. Al ser significativa la diferencia se procede con la prueba de rango múltiple de Duncan para verificar diferencias específicas.

Tabla 13. Prueba de rango múltiple para la concentración de partículas (gr/m^2) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

Categoría	Media	Grupos
Norte	0.00124	A
Centro	0.00115	A
Sur	0.00036	B

Las zonas con letra diferente presentan diferencia estadística significativa entre sí ($p < 0.05$)

En la Tabla 13, se muestran los resultados de la prueba estadística de rango múltiple de Duncan, se verifica que las zonas Norte y Centro de la ciudad presentan una contaminación de partículas sedimentables estadísticamente similares, mientras que la zona Sur de la ciudad presenta una media menor a las dos zonas citadas. De los resultados se afirma que las zonas Norte y Centro son las de mayor contaminación, atribuible a una mayor circulación de vehículos motorizados por dichas zonas que provocan la suspensión de partículas que luego sedimentan nuevamente en un ciclo continuo.

Marcos *et al.*, (2008), en su estudio indica concentración de PAS, nivel de referencia normado por los límites máximos permisible dado por la Organización Mundial de la Salud, que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, señalando que no alcanzaron dicho límite. En nuestro estudio tampoco superaron el valor de referencia, sin embargo ya se identifican zonas que presentaron una mayor concentración de partículas sedimentables en la ciudad de Puno, lo cual se espera se incremente en los próximos años, sobre todo por la creciente circulación de vehículos motorizados por dichas zonas.

Así mismo Bances *et al.*, (2003), señala que los principales componentes del material particulado contendrían en su estructura Óxidos de Nitrógeno, Óxido de azufre, Anhídrido carbónico y Monóxido de carbono, además indica que es notorio un efecto negativo y perjudicial en la salud Humana, tal como reporta las estadísticas hospitalarias con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias, por lo que nuestros resultados serían una primera aproximación a un tipo de contaminación que ha sido poco estudiado en nuestra ciudad.

4.3. Influencia de características socio ambientales y la concentración de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.

Si bien la concentración de partículas atmosféricas no superaron el límite permisible, con fines de analizar lo encontrado se dividió en tres categorías (alto, medio y bajo). Realizando el cruce de las dos variables y sometiendo al análisis estadístico se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14. Influencia entre concentración de partículas (gr/m^2) en tres zonas de la ciudad de Puno, 2019

PAS	Alto	Medio	Bajo	Total
-----	------	-------	------	-------

Tipo vivienda	N	%	N	%	N	%	N	%
Adobe	2	6.67	2	6.67	3	10.00	7	23.33
Material noble	6	20.00	13	43.33	4	13.33	23	76.67
Total	8	26.67	15	50.00	7	23.33	30	100.00

PAS	Alto		Medio		Bajo		Total	
Material vía pública	N	%	N	%	N	%	N	%
Asfalto	0	0.00	7	23.33	3	10.00	10	33.33
Cemento	6	20.00	8	26.67	1	3.33	15	50.00
Tierra afirmada	2	6.67	0	0.00	3	10.00	5	16.67
Total	8	26.67	15	50.00	7	23.33	30	100.00

PAS	Alto		Medio		Bajo		Total	
Industria contaminante	N	%	N	%	N	%	N	%
Chimenea	3	10.00	1	3.33	1	3.33	5	16.67
Ladrillera	0	0.00	2	6.67	1	3.33	3	10.00
Ninguno	5	16.67	12	40.00	5	16.67	22	73.33
Total	8	26.67	15	50.00	7	23.33	30	100.00

PAS	Alto		Medio		Bajo		Total	
Viento	N	%	N	%	N	%	N	%
No	1	3.33	9	30.00	3	10.00	13	43.33
Sí	7	23.33	6	20.00	4	13.33	17	56.67

Total	8	26.67	15	50.00	7	23.33	30	100.00
-------	---	-------	----	-------	---	-------	----	--------

Fuente: cuadros anteriores

En la Tabla 14, se observa que para el tipo de vivienda la mayor frecuencia se obtuvo en material noble con nivel medio de concentración de partículas (43.33%), para material de la vía pública se tiene de cemento con nivel medio de partículas (26.67%), en industria contaminante para ninguno con nivel medio de partículas (40%) y para viento cuando no se presenta frecuentemente en la zona con nivel medio de concentración (30%).

El análisis estadístico señala que se determinó significancia estadística para el material de vía pública ($p=0.016$), el resto de los indicadores no mostraron significancia estadística ($p>0.05$), lo que permite afirmar que para las muestras de estudio se identifica que las vías de cemento producirían una mayor generación de partículas, esto en relación básicamente a la circulación de vehículos que se produce en la misma, así como falta de limpieza pública del polvo acumulado.

Estas partículas atmosféricas tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual permanecen suspendidas en el aire en períodos cortos de tiempo. (Molina y Molina, 2001), lo que indica que en estas zonas se produce dicho efecto y que si bien no superan los valores de referencia, se debe considerar como antecedentes iniciales de la calidad de aire en la ciudad de Puno.

El riesgo de producirse niveles altos de contaminación con este tipo de partículas, es que las mismas se pueden acumular en el sistema respiratorio y son asociadas con numerosos efectos negativos de salud, como aumento en enfermedades respiratorias y disminución del funcionamiento pulmonar (Corpo Cesar. 2014).

CONCLUSIONES

Las características socio ambientales indican que el tipo de vivienda predominante en la ciudad de Puno fue de material noble con 76.67%, el material de vía pública más frecuente fue de cemento con 50%, la presencia de industria contaminante evidenció que no está presente en el 83.33%, la presencia de viento fue evidente en el 56.67%.

La concentración de partículas sedimentables en peso de placa Petri, fue mayor en la zona norte con 36.89 g/placa, también fue la más elevada por superficie con 0.0017 ug/cm², las zonas norte y centro presentaron mayor y similar concentración entre sí de partículas, mientras que la zona sur presentó una menor concentración ($p < 0.05$).

Se determinó la influencia significativa para el material de vía pública ($p = 0.016$), el resto de los indicadores no mostraron significancia estadística ($p > 0.05$), las vías públicas de cemento producirían una mayor generación de partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de mayor extensión temporal que verifiquen diferencias entre épocas seca y lluviosa en la ciudad de Puno, respecto a la concentración de partículas sedimentables en el aire.

Realizar estudios de toxicidad de las partículas atmosféricas sedimentables en la ciudad de Puno y su influencia sobre la vegetación.

Realizar estudios sobre los compuestos y principales contaminantes que inciden en la contaminación del aire.

A la Municipalidad provincial de Puno, realizar una limpieza de tierra y polvo en las diferentes vías de la ciudad a lo largo de todo el año, puesto que al circular los vehículos tienden a levantar dichas partículas incrementando la contaminación atmosférica en la ciudad. Además de controlar emisiones de chimeneas de pollerías y de vehículos en la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- Arciniegas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀. Revista Universidad de Caldas No. 34.
- Bances Estela, Valverde Mirtha, Azabache Liza, Rodríguez Bianny.(2003). Contaminación Atmosférica y su Impacto Ambiental en la Ciudad de Moyobamba-San Martín.
- Bell, J.N.B., S.A. Power, and D. Doley, Plants and Atmospheric Pollution, Encyclopedia of Applied Plant Sciences, Second Edition (Elsevier, 2018), iii <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00017-4>>.
- Bianchi, J., Cabral-De-Mello, D.C., Marin-Morales, M.A., (2015). Toxicogenetic effects of low concentrations of the pesticides imidacloprid and sulfentrazone individually and in combination in in vitro tests with HepG2 cells and Salmonella typhimurium. Ecotoxicol. Environ. Saf. 120, 174e183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.040>.
- Bisht Himani, J P N Rai, and Krishna Giri, 'Impact of Air Pollutants on Encountered Plant Foliage', European Journal of Biological Research, 6.3 (2016), 201–8. <<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.60698>>
- Box E. P. G., 2001, Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos. Análisis de datos y construcción de modelos, 2ª reimpr., Reverté Ediciones, México, 675 pp.
- Calzada Benza, José (1985). Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación. Lima – Perú.
- Chen, J., Ying, Q., y Kleeman, M. (2009). Source apportionment of visual impairment during the California regional PM₁₀/PM_{2.5} air quality study. Atmospheric Environment, 43, 6136-6144.

- Corpo Cesar. 2014. Informe de Operación del Sistema Especial De Vigilancia de Calidad de Aire en la Zona Carbonífera del Departamento del César. Colombia. 88 p.
- Cotrina ; Montoya Cabrera y Duránd Montes (2008). Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima Callao.
- DIGESA (2005) Dirección general de Gestión ambiental protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.
- EPA, E.P.A., (1999). Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption (AA) spectroscopy, Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air.
- Giron Calva, Patricia S., Tao Li, and James D. Blande, 'Plant-Plant Interactions Affect the Susceptibility of Plants to Oviposition by Pests but Are Disrupted by Ozone Pollution', Agriculture, Ecosystems and Environment, 233 (2016), 352–360 <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.028>>.
- Google. (s.f.). [Mapa de Puno, Perú en Google maps]. Recuperado el 3 de junio, 2018, de: <https://www.google.com.pe/maps/@-15.849372,-70.0186636,3342m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>
- Harris Cyril. (1995). Manual de medidas acústicas y control del ruido.
- Hernández, R. (2014) Metodología de la Investigación, 6a Ed. México. recuperado el 3 de junio, 2018. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/barrientos_m_e/capitulo_3.pdf
- Huanca 2016 “concentración de material particulado menores a 2.5 micrómetros para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca” en la Universidad Nacional del Altiplano Puno,
- INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). Estadísticas Ambientales Perú.

- Janta R, Chantara S. (2017)Tree bark as bioindicator of metal accumulation from road traffic and air quality map: A case study of Chiang Mai, Thailand. Atmospheric Pollution Research..
- Kinner y Taylor (1993) metodología de la investigación, pp.62-63. recuperado el 3 de junio, 2018.
- Lozano, (2012), “Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012”, en la Universidad Nacional de San Martin.
- Marcos, R., Cabrera, M., Laos, H., Mamani, D. y Valderrama, A. (2008). Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de tubo pasivo y de placas receptoras en la ciudad universitaria de San Marcos – Lima. 49- 58 pp.
- Martínez Ataz y Yolanda Díaz de Mera Morales. Universidad de Castilla-La Mancha. 2004 ISBN 8484273245, 9788484273240 pág. 13.” Contaminación atmosférica.
- Mateus, V.L., Monteiro, I.L.G., Rocha, R.C.C., Saint Pierre, T.D., Gioda, A., (2013). Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry. Spectrochim. Acta - Part B At. Spectrosc. 86, 131– 136. doi:10.1016/j.sab.2013.03.003.
- Mészáros, E. (1999). Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. Akadémia Kiado.
- Ministerio del Ambiente. (2019).Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire. Lima, Perú. p 102.
- Molina, M.J., Molina, L.T. 2001. Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire. México.
- Organización Mundial de la Salud – OMS.(2011).Unión de Estados Americanos.

- Pope CA, Dockery DW, Spengler JC y Raizenne ME. (1991) Respiratory Health and PM10 Pollution: A Daily Time Series Analysis. *Am Rev Respir Dis.* Sep; 144 (3 Pt 1): 668-674.
- Rojas y Huamán, (2017), “Determinación de Material Particulado en Fracción Respirable en Construcciones del Distrito de Jesús María, 2015”, en la Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Suarez, L; Alvarez, D; Bendezú, Y; Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú.* 83(2).
- Tamayo y Tamayo M. (2003) *Proceso de Investigación Científica.*
- Urtado B. (2017), “polvo atmosférico sedimentable su influencia en la salud de los trabajadores de la obra: ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Pillco Marca – Huánuco, octubre – noviembre 2017”, en la universidad de Huánuco.
- Zhang, Peng qian, Yan ju Liu, Xing Chen, Zheng Yang, Ming hao Zhu, and Yi ping Li, ‘Pollution Resistance Assessment of Existing Landscape Plants on Beijing Streets Based on Air Pollution Tolerance Index Method’, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132 (2016), 212–223 <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.00>.

ANEXOS

**ANEXO 1: MATRIZ BÁSICA DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS SOCIO
AMBIENTALES**

N	Zona	TV	MVP	PIC	VI
1	C	N	C	C	S
2	C	A	C	C	S
3	C	N	C	N	S
4	C	N	C	N	N
5	C	A	C	N	N
6	C	N	C	N	N
7	C	N	A	N	S
8	C	N	A	N	S
9	C	A	C	C	S
10	C	N	C	N	N
11	N	N	T	N	S
12	N	N	T	N	S
13	N	N	C	N	S
14	N	N	C	N	S
15	N	N	C	N	S
16	N	N	A	C	N
17	N	N	A	C	S
18	N	A	T	N	S
19	N	N	C	N	S
20	N	A	C	N	S
21	S	N	A	L	N
22	S	N	A	N	N

23	S	N	A	N	N
24	S	N	A	N	N
25	S	N	C	N	N
26	S	N	T	N	N
27	S	A	T	N	S
28	S	A	C	N	S
29	S	N	A	L	N
30	S	N	A	L	N

ANEXO 2: MATRIZ BÁSICA DE DATOS DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

N	Latitud	Longitud	mg/cm2
1	-15.845609	-70.021934	0.0014176
2	-15.846029	-70.020049	0.0012500
3	-15.844696	-70.023156	0.0013196
4	-15.842261	-70.027695	0.0012104
5	-15.846974	-70.02174	0.0008821
6	-15.847018	-70.021791	0.0010427
7	-15.832217	-70.01993	0.0007122
8	-15.841498	-70.024778	0.0009038
9	-15.841377	-70.024706	0.0013802
10	-15.838553	-70.02593	0.0013715
11	-15.845665	-70.022126	0.0027237
12	-15.84604	-70.02005	0.0026967
13	-15.842119	-70.032973	0.0030451
14	-15.826788	-70.03093	0.0002934
15	-15.830186	-70.020002	0.0008783
16	-15.828708	-70.018295	0.0005208
17	-15.828954	-70.030201	0.0002787
18	-15.848572	-70.02697	0.0002701
19	-15.821548	-70.02564	0.0008534
20	-15.832547	-70.03547	0.0008513
21	-15.834235	-70.01836	0.0006876
22	-15.84786	-70.019377	0.0005204
23	-15.857582	-70.016985	0.0004371
24	-15.829858	-70.033434	0.0002675
25	-15.862632	-70.01528	0.0003534

26	-15.851745	-70.016586	0.0002712
27	-15.864178	-70.01435	0.0002793
28	-15.864397	-70.012671	0.0001128
29	-15.856549	-70.014749	0.0002795
30	-15849871	-70.012587	0.0003542

ANEXO 3: FICHA DE REGISTRO UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS
 ATMOSFÉRICAS SEDIMENTABLES EN FUNCIÓN A LAS
 CARACTERÍSTICAS SOCIO AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE PUNO.**

.....

Código de muestra zona de la muestra

Coordenadas UTM: LATITUD LONGITUD

Método empleado

Fecha de instalación de muestra fecha de retiro de muestra

Peso de la placa al ser ubicada Peso de la placa al ser recogida

Dirección de ubicación de la muestra

Características socio ambientales:

Material de la vía pública: Asfalto Cemento Tierra afirmada

Presencia de alguna industria contaminante: si no

Imagen de posición de punto de puesta




 Propietario Vivienda
 DN. 43163112

**ANEXO 4: PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL
DEL AIRE**



MINISTERIO DEL AMBIENTE

**PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO
DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE**



NOVIEMBRE 2019

ANEXO 5: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL ESTUDIO



Foto 1. Colocando placas Petri

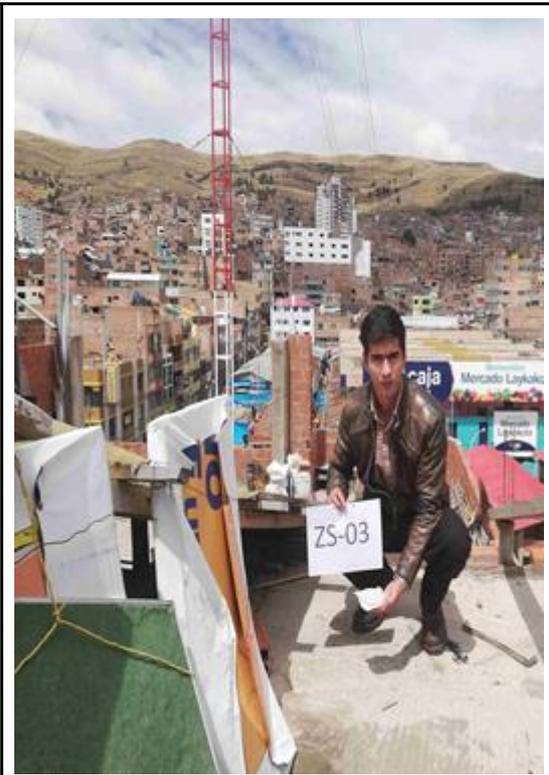


Foto 2. Codificando la ubicación



Foto 3. Inspeccionando las placas



Foto 4. Colocando placa



Foto 5. Recolección de placas con partículas



Foto 6. Traslado a Laboratorio de placas



Foto 7. Identificación y codificación



Foto 8. Pesado en balanza de precisión