



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Efectos de las precipitaciones extremas en
la erosión de suelos agrícolas en la provincia de
Chupaca durante el año 2016**

Maria Victoria Paucarchuco Ortiz

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR:
Ing. Jacinto Arroyo Aliaga

AGRADECIMIENTOS

Durante el largo proceso de investigación no habría concluido sin apoyo de instituciones y personas. Agradezco a la Universidad Continental por el acceso al laboratorio para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, al observatorio de Huancayo que pertenece al Instituto Geofísico del Perú (IGP) por haberme brindado la data histórica para la caracterización climática.

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento especialmente a mi asesor El Ing. Jacinto Arroyo Aliaga que siempre me ofreció todo su apoyo como docente y asesor en el desarrollo de este proyecto. Estaré infinitamente agradecida.

De igual modo, gracias al apoyo a la Ing. Elizabeth Machuca Manrique, del mismo modo al Ing. Andrés Azabache Leyton, Ing. Edwin Paucar Palomino, Ing. Roly Nuñez y gracias también a la facultad de Ingeniería Ambiental, plana docente de la Universidad Continental por la formación académica.

Por último, agradezco a la comunidad de los distritos de Huamancaca Chico y Huáchac de la provincia de Chupaca por el acceso a sus suelos agrícolas durante la investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi padre Julián. A mi madre Victoria por su amor, fortaleza, perseverancia, constancia, confianza y apoyo incondicional, así mismo en toda la trayectoria de mi formación académica, A mis hermanos; Adrian, Sonia y Héctor. A mis primos; Geli, Fiorela, Nayda, Edison y Arnold. A mis tíos; Yeny, Olga, Inés, y Roberto. Por último, a mi hija Fergie por ser mi fuente de inspiración.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.2. Formulación del problema	23
1.2. Objetivos	24
1.2.1. Objetivo general	24
1.2.2. Objetivos específicos.....	24
1.3. Justificación e importancia	24
1.3.1. Limitaciones y delimitaciones.....	25
1.3.2. Importancia.....	25
1.3.3. Delimitación del área de estudio.	25
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	26
1.4.1. Hipótesis de Investigación	26
1.4.2. Hipótesis Nula	26
1.4.3. Hipótesis Alternativa.....	26
1.4.4. Descripción de Variables	26

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	29
2.1.1. Antecedentes Artículos Científicos.....	29
2.1.2. Antecedente de autores de tesis.....	36
2.1.3. Otros Antecedentes	38
2.2. Bases teóricas.....	40
2.2.1. Fundamentos teóricos.....	40
2.2.1.1. El movimiento atmosférico.....	40
2.2.1.2. Dinámica atmosférica	41
2.2.1.3. El movimiento horizontal	43
2.2.1.4. Los movimientos verticales del aire: ascensiones y descensiones	44
2.2.1.5. Circulaciones	45
2.2.1.6. Circulación general atmosférica	45
2.2.1.7. Las corrientes oceánicas	46
2.2.1.8. Fenómenos meteorológicos	47
2.2.1.9. Suelo	82

2.2.1.10. Erosión	91
2.2.1.11. Tipo de Proceso Erosivo.	96
2.2.2. Metodologías existentes	98
2.2.2.1. Método: teledetección.....	98
2.2.2.2. Plataformas de teledetección espacial.....	99
2.2.2.3. Satélite LANDSAT	100
2.2.2.4. Aplicación de la teledetección	101
2.2.2.5. Ventajas de la teledetección.....	102
2.2.2.6. Índices de vegetación.....	103
2.2.2.7. Metodología propuesta: Determinación niveles de erosión de suelos agrícolas por precipitaciones extremas.	106
2.2.2.8. Método de clavos o estacas.....	113
2.2.2.9. Método de hidrómetro	115
2.2.2.10. Método del Cilindro.....	116
2.2.3. Técnicas e instrumentos de investigación	117
2.2.3.1. Técnica de la investigación.....	117
2.2.4. Diseño de modelo teórico conceptual	118
2.3. Definición de términos.....	120

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación.....	121
3.1.1. Método de la investigación	121
3.1.2. Alcances de la investigación	129
3.2. Diseño de la Investigación	130
3.2.1. Tipo de diseño de investigación.	130
3.3. Población y muestra.....	131
3.3.1. Población.....	131
3.3.2. Muestra.....	131
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	131
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos	131
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos	132

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	133
4.1.1. Características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.....	133
4.1.2. Características de las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el 2016.....	142
4.1.3. Precipitaciones extremas que influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.....	147
4.2. Prueba de hipótesis	148
4.2.1. Precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas.	148
4.2.2. Precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas.	148
4.3. Discusión de resultados.....	149

CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES.....	155
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
ANEXOS	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las últimas imágenes captadas por los satélites de la NASA encuentran similitudes entre el actual fenómeno y el de 1997-1998. (NASA).....	18
Figura 2. Suelos erosionados de color rojo brillante en el Estuario de Betsiboka, Madagascar. (Foto NASA/JSC).....	19
Figura 3. Fenómeno El Niño en Tumbes y Piura.....	20
Figura 4. Autoridades del gobierno regional señalaron que pérdidas podrían incrementarse. 21	
Figura 5. El Gobierno Regional de Junín y la Dirección Regional de Agricultura realizarán proyectos y entregarán kits, abonos, maquinaria, entre otros, a los agricultores	22
Figura 6. Provincias de la región Junín, pérdida agrícola por causa de precipitaciones.....	23
Figura 7. Delimitación del área estudio.	25
Figura 8. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m.	42
Figura 9. Mezcla horizontal de dos masas de aire	49
Figura 10. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m	52
Figura 11. Formación de una gota fría.....	53
Figura 12. Pluviómetro del tipo B.....	63
Figura 13. Instalación del Pluviómetro.....	64
Figura 14. Pluviógrafo de Flotador.....	66
Figura 15. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m	73
Figura 16. Curva de Maza Reconstruida para Pluviómetro.....	74
Figura 17. Histograma	75
Figura 18. Curvas I-D.	76
Figura 19. Curva I-D-F- Tormenta de proyecto Mendoza.....	77
Figura 20. Curva I-D-F.	78
Figura 21. Fases de tormenta.	81
Figura 22. Imágenes obtenidas con la rada de Vallirana.	81
Figura 23. Esquema simplificado del modelo de tormenta organizada, propuesto por Browning y Ludlam (1961).	82
Figura 24. Triángulo textural americano (USDA).....	84
Figura 25. SOLUM- Horizontes formados por procesos.....	90
Figura 26. Reflectividad en el suelo, agua.....	94
Figura 27. Vegetación.....	95
Figura 28. Reflectividad en el suelos, agua y vegetación	103
Figura 29. Elementos de un sistema de teledetección.....	106
Figura 30. Banda de registro de la cantidad de lluvia precipitada.	110
Figura 31. Nomograma para la asignación del factor K, de Wischmeier y Smith	111
Figura 32. Ejemplo de asignación de factor C.....	112
Figura 33. Esquema del modelaje cartográfico.....	113
Figura 34. Forma de medición de la altura de erosión y la altura de sedimentación.....	114
Figura 35. Triángulo textural Americano (USDA)	127
Figura 36. Diseño es transeccional correlacional causal.	131
Figura 37. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelos de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	134

Figura 38. Mapa fisiográfico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	135
Figura 39. Mapa geológico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	136
Figura 40. Mapa hidrológico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	137
Figura 41. Mapa de precipitación de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	138
Figura 42. Mapa de suelos en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	139
Figura 43. Mapa de pendiente en la provincia de Chupaca en el distrito de Huachac durante el año 2016.	140
Figura 44. Mapa de suelos en la provincia de Chupaca en el distrito de Huamancaca Chico durante el año 2016.	141
Figura 45. Mapa de pendientes de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.....	142
Figura 46. Climograma de Huayao – 2016.....	144
Figura 47. Estación Huayao – 2016.....	144
Figura 48, Climograma de Viques – 2016.....	145
Figura 49, Estación Viques – 2016.....	145
Figura 50. Mapa de erosión de suelos agrícolas de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de clima	71
Tabla 2. Características de suelo- Lab. UC. (Anexo N°14).....	142
Tabla 3. Densidad aparente de suelo- color - Lab. UC. (Anexo N°14)	142
Tabla 4. Datos de Correlación.	148
Tabla 5. Análisis de correlación.....	148
Tabla 6. Análisis de varianza.	149
Tabla 7. Estadística de regresión.	149

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Densidad aparente en Suelos Cultivados y no Cultivados.....	91
Cuadro 2. Principales satelitales utilizados en percepción remota.	99
Cuadro 3. Comparativo ilustra las diferencias de resolución entre el sensor TM del LANDSAT 5 y el sensor ETM+ del LANDSAT 7.....	100
Cuadro 4. Grupos texturales.	128

INDICE DE ANEXO

Anexo N° 1. Matriz de consistência.	163
Anexo N° 2. Área de muestra – Huáchac	164
Anexo N° 3. Área de muestra. Huamancaca Chico	164
Anexo N° 4. Tabla de medición de sedimentos	165
Anexo N° 5. Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación ...	165
Anexo N° 6. Muestreo para la identificación de textura de suelos en el distrito de Huáchac.	166
Anexo N° 7. Puntos de muestreo para la identificación de textura de suelos en el distrito de Huamancaca Chico.	167
Anexo N° 8. Calificación de Cobertura Vegetal.....	168
Anexo N° 9. Calificación de Fisiografía.....	169
Anexo N° 10. Clasificación de Geológica	169
Anexo N° 11. Clasificación de la Precipitación.....	170
Anexo N° 12. Calificación de Suelo	170
Anexo N° 13. Calificación de la Pendiente	170
Anexo N° 14. Determinar la textura, color y la densidad aparente de suelos agrícolas	171
Anexo N° 15. Datos históricos de la estación Huayao y Viques - 2016.....	172
Anexo N° 16. Clasificación de la intensidad de Precipitaciones	172
Anexo N° 17. Clasificación de la degradación por Erosión	172
Anexo N° 18. Instalación de parcelas para la medición de sedimentos Huáchac y Huamancaca Chico.....	173
Anexo N° 19. Materiales usados en la recolección de muestras. - Huáchac y Huamancaca Chico	177

RESUMEN

Objetivos: Determinar la influencia de las precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016. **Metodología:** Se descargó imágenes satelitales del Satélite GOES 13 (canal climático -Brasil), se usó la T realizada (combinación de las bandas 6, 5, y 4), luego con los métodos de teledetección y USLE (Ecuación Universal de Pérdida de suelo), se identificó las precipitaciones extremas en la erosión en suelos agrícolas. Para la zonificación de la amenaza se utilizó el factor de riesgo de erosión (t/ha) que determinó la intensidad de precipitación pluvial (mm/h). **Resultados:** Se caracterizó las precipitaciones extremas que ocurrieron durante el año 2016 en las zonas de estudio. La correlación entre las precipitaciones extremas y la erosión en suelos agrícolas se tiene una correlación de $r = 0.95$ con nivel de confianza del 95%, del mismo modo con el coeficiente de determinación hay una influencia de $r^2 = 0.90$. **Conclusiones** Se determinó que las precipitaciones extremas registradas en la provincia de Chupaca durante el año 2016 influyen en la erosión de suelos agrícolas.

Palabras claves: precipitaciones extremas, erosión de suelos, agrícola, imágenes satelitales.

ABSTRACT

Objectives: To determine the influence of extreme rainfalls on the erosion of agricultural soils in Chupaca province throughout the year 2016. **Methods:** Images of the GOES 13 Satellite (climate channel - Brazil) were downloaded, the enhanced T was used (combination of 6,5, and 4 bands), then with the remote sensing method and the USLE (Universal Soil Loss Equation) method, extreme rainfall on erosion in agricultural soils was identified. For the zoning of threat, the erosion risk factor (t/ha) was used, it determined the intensity of rain precipitation (mm/h). **Results:** The extreme precipitations occurred during the year 2016 in the study areas were characterized. The correlation between extreme rainfalls and erosion in agricultural soils r is 0.95 with a 95 percent of confidence level, at the same way the coefficient of determination r^2 has an influence of 0.90. **Conclusion:** It was determined that the extreme rainfall registered in the province of Chupaca in the course of the year 2016 has an influence on the erosion of agricultural soils.

Keywords: extreme rainfalls, soil erosion, agricultural, satellite images.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos meteorológicos extremos son más frecuentes por el cambio climático, unos de estos son las precipitaciones extremas; la formación de estas precipitaciones son procesos hidrometeorológicos en el cual estas provocan peligros naturales de tipo geomorfológico como precoces de erosión.

Así mismo FAO (Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la agricultura) menciona que las erosiones de suelos generan significativamente impactos como ambiental, económico y social.

Por consiguiente, la investigación tiene como objetivo, determinar de qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016

Dicha investigación contiene 4 capítulos que serán expuestos de la siguiente forma:

En el capítulo I, Se determina el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de variables. Para el planteamiento se expuso información internacional, nacional y local.

En el capítulo II. Se realiza el marco teórico: antecedentes del problema, bases teóricas (metodología y técnicas de investigación) y definición de términos básicos. La metodología fue elegida de varios estudios. EL método de investigación elegido, de varias indagaciones es el que se adaptó a las condiciones del estudio.

En el capítulo III. Se describe la metodología que consiste en el método, y alcance de la investigación, diseño de la investigación población y muestras, técnicas e instrumentos de recolección de datos. El método específico se desarrolló con las imágenes satelitales del

Satélite GOES 13(canal climático -Brasil) y con la combinación presenta la forma T realizada (combinación de las bandas 6, 5, y 4).

En el capítulo IV. Se presentan los resultados y discusión que consiste en la conclusión del tratamiento y análisis de la información, prueba de hipótesis y discusión de resultados. Se da a conocer una alta correlación que tiene las precipitaciones extremas en los suelos agrícolas con una alta precisión de 90%. Las metodologías pueden ser empleadas para estimar diferentes eventos climáticos, etc. de estudios.

La importancia de la investigación es demostrar el comportamiento de los eventos de precipitaciones extremas a partir del cual se determinó la erosión de suelos agrícolas para el año el año 2016. Asimismo, Identificar las características de las precipitaciones extremas y determinar las características de los suelos que pueden ser erosionados por estas precipitaciones.

La Autora

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial se estima que anualmente se pierden 24.000 millones de toneladas de suelo fértil por efecto de fenómenos atmosféricos y ambientales. Estos cambios se dieron al pasar el tiempo por factores como las actividades antropogénicas y naturales; el aumento excesivo de consumismo y recursos naturales (1).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ha identificado principales causas de la degradación del suelo que es a nivel mundial como en África, que la causa fue por la aplicación de técnicas de preparación de tierras y de labranza inadecuadas, como también factores atmosféricos y ambientales, este efecto de erosión acelera negativamente, ya que es frecuente la pérdida de suelos agrícolas (2).

El cambio climático provocado por las actividades humanas favoreció numerosos eventos meteorológicos extremos registrados entre 2011 y 2015, afirma la Organización meteorológica mundial (OMM) en una síntesis publicada durante la conferencia del clima COP22 en la ciudad Marroquí. “La probabilidad de que haya temperaturas extremas se multiplicó por diez o incluso más”, advierte la organización en un comunicado. Temperaturas récord en Estados Unidos en 2012 y en Australia en 2013, veranos calientes en Asia del Este y en el Oeste de Europa en 2013, olas de calor en la primavera y en otoño de 2014 en Australia, récord anual de calor en Argentina en diciembre de 2013: todos fenómenos cuya probabilidad aumentó fuertemente con el cambio climático, explica el informe Los estudios que examinan los vínculos entre fenómenos extremos y cambio climático son cada vez más numerosos y la mayoría se publican en el boletín de la sociedad norteamericana de meteorología (3).

Agropecuaria.org Desarrollo Rural y Ambiente en América Latina, menciona que la amenaza del cambio climático global ha causado preocupación entre los científicos ya que los factores climáticos indispensables para el crecimiento de los cultivos; como son la precipitación y la temperatura, se verán severamente afectados e impactarán sobre la producción agrícola (4).

En América Latina y en el Caribe ocupan el tercer lugar mundial en degradación de suelos con 26 por ciento de sus tierras cultivables en mal estado, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El estudio La Evaluación Mundial de la Degradación de los Suelos (GLASOD, por sus siglas en inglés) indica que un 74 por ciento de los suelos

agrícolas de Centroamérica esta degradado desde 1990, en tanto que los países más amenazados por el deterioro del suelo son los más pequeños, como muchas islas del Caribe, empezando por Haití y países centroamericanos como el Salvador (5).

Según el diario Perú 21, el fenómeno El Niño ha provocado el “caos” alrededor del mundo, su fuerza no disminuye y su fuerte impacto llegará a Estados Unidos en 2016, cuando causará frío en el sur del país y un inusual calor en el norte, según un informe de la agencia espacial estadounidense (NASA). El informe, publicado esta semana y del que se hicieron hoy eco los medios en EE.UU. afirma que los cambios climáticos provocados por fenómeno El Niño ya han afectado a la producción mundial de arroz, trigo, café y otros cultivos, y se observa las últimas imágenes captadas por los satélites de la NASA hacen preguntarse a los científicos sobre las similitudes entre el actual fenómeno El Niño y un episodio similar, que en 1997 y 1998 causó severas alteraciones en el clima, desde inundaciones hasta sequías (6).

Fenómeno El Niño causa un caos climático en el mundo, según la NASA

Miércoles 30 de diciembre del 2015 | 19:24

Las últimas imágenes captadas por los satélites de la NASA encuentran similitudes entre el actual fenómeno y el de 1997-1998, que fue devastador.

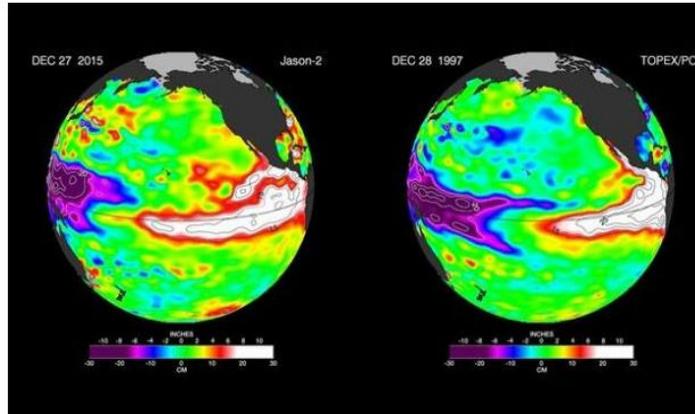


Figura 1. Las últimas imágenes captadas por los satélites de la NASA encuentran similitudes entre el actual fenómeno y el de 1997-1998. (NASA)

Fuente: (6).

En Costa Rica se pierde alrededor de 860 millones de toneladas de suelo valioso al año, mientras que la Gran Isla Roja, Madagascar, se pierde suelo por la erosión (400 t/ha). Algunos astronautas afirman que Madagascar pareciera estarse desangrando, una descripción apta para un país con una grave degradación ambiental y una economía agrícola en decadencia, que depende de sus suelos. La tasa de incremento en la pérdida de suelo, después de la tala de bosque es impresionante; un estudio en Costa de Marfil, encontró que las pendientes forestadas pierden 0.03 toneladas de suelo al año por hectárea; las pendientes cultivadas pierden al año 90 toneladas por hectárea y los suelos desnudos pierden 138 toneladas por hectárea. Después de que las fuertes lluvias tropicales caen sobre los bosques talados, el agua arrastra los suelos hacia los ríos y arroyuelos locales. Los ríos arrastran al suelo erosionado junto con la corriente, lo que causa problemas significativos. Los proyectos hidroeléctricos

y la infraestructura para irrigación han perdido productividad debido a la sedimentación (7).



Figura 2. Suelos erosionados de color rojo brillante en el Estuario de Betsiboka, Madagascar. (Foto NASA/JSC)
Fuente: (7).

Según el diario Perú 21, en las regiones Tumbes y Piura se muestra que en las próximas semanas es probable que se presenten lluvias “muy fuertes en la zona noroccidental, del orden de 35-60 mm/día para las partes medias y bajas de las regiones Tumbes y Piura; y de 20 mm/día en la región Lambayeque. [Trujillo soportó 6 horas de intensas lluvias]. Así lo revela el último reporte del Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño) que mantiene el estado de alerta, debido al evento del Niño costero que se presenta con condiciones cálidas en la costa peruana desde otoño del 2015. Con respecto a la región andina, indica que se espera continúen las lluvias deficitarias asociadas a El Niño en el Pacífico Central, sin descartar episodios de lluvias muy fuertes (8).

Fenómeno El Niño: Pronostican lluvias "muy fuertes" en Tumbes y Piura en febrero y marzo

Viernes 05 de febrero del 2016 | 08:20

Precipitaciones también se presentarán en la región Lambayeque, según el último reporte del Enfen.



Figura 3. Fenómeno El Niño en Tumbes y Piura
Fuente: (8).

El jefe del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) Piura, señaló que las últimas lluvias registradas en la región dejaron 25 millones de soles de pérdidas en el sector agricultura. "Es necesario declarar en emergencia la región dado a que hay 25 millones de soles de pérdida en agricultura y de persistir las lluvias se puede incrementar a 60 millones más", señaló Arbulú. El funcionario manifestó que existen problemas en la zona denominada Sifón Samán, donde estarían en peligro 21 mil hectáreas, además en otros lugares también se presentan problemas que requieren atención (9).

Más de 25 millones de soles de pérdidas en agricultura por lluvias

El jefe del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) Piura, Coronel EP (r) Eduardo Arbulú recalcó que es necesario declarar en emergencia la región.

Redacción
12 de marzo del 2016 - 12:36 PM



Figura 4. Autoridades del gobierno regional señalaron que pérdidas podrían incrementarse.
Fuente: (9).

El Consejo Regional de Junín declaró en emergencia la agricultura en nueve provincias de la región. Según estimaciones, un total de 6.400 hectáreas de sembríos resultaron afectados por las intensas lluvias, granizadas y en otras zonas por sequías. El Director Regional de Agricultura Junín, Federico Ollero, indicó que inicialmente 3.000 hectáreas de cultivos fueron afectadas por lluvias y heladas. Posteriormente se registró la afectación a 3.400 hectáreas de habas, papa y arvejas en la provincia de Tarma. Según la Dirección Regional de Agricultura Junín, los agricultores han perdido unos 19 millones de soles hasta el momento como consecuencia del cambio climático. El sector ha solicitado al Gobierno Regional de Junín la transferencia de un millón 800 mil soles para la compra de abono y la posterior entrega a los afectados (10).

MIÉRCOLES 03 DE FEBRERO DEL 2016 | 15:16

Declaran en emergencia la agricultura en 9 provincias de Junín

Hay 6.400 hectáreas de cultivos afectados en 9 provincias de esta región. Las pérdidas superan los 19 millones de soles

Compartir 9 Twittear G+1 2 Compartir 1 Pin.it 0



Figura 5. El Gobierno Regional de Junín y la Dirección Regional de Agricultura realizarán proyectos y entregarán kits, abonos, maquinaria, entre otros, a los agricultores
Fuente: (10).

En las 9 provincias de la región Junín en el diario Correo, muestra que hasta ahora el fenómeno de El Niño ha dejado pérdidas en el sector agricultura por S/ 25 millones 666 mil 708 soles. Se ha registrado precipitaciones pluviales por debajo de lo normal, que han provocado estrés hídrico en los cultivos, disminución de los caudales de ríos, riachuelos y puquios, que sirven de riego a muchos productores. *“En selva los cítricos han sido afectados en el cuajado de los frutos, caída de flores, etc. También entre los cultivos afectados están el plátano, granadilla, yuca, papaya, entre otros”*, señaló. Añaguari, especificó que han sido destruidos básicamente productos como papa, maíz, haba, quinua, tarwi y olluco. Asimismo, oca, avena, cañihua, kiwicha, trigo, frejol, maíz y café. Adicionalmente, hay extensas áreas de pastos mejorados. Agregó que en la presente Campaña Agrícola (agosto 2015- marzo 2016) se perdieron 829.72 hectáreas y más de 6 mil 874.87 se vieron afectadas, haciendo un total de 7 mil

704.59 hectáreas (Ha). Señaló que a causa de los desbordes de los ríos se perdió 138 Ha. De sembrío y 491 se vieron afectadas. Por deslizamiento de suelos se perdió 138.37 Ha. Y 491 se vieron afectadas (11).



Figura 6. Provincias de la región Junín, pérdida agrícola por causa de precipitaciones.
Fuente: (11).

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016?

Problemas específicos

¿Cuáles son las características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016?

¿Cuáles son las características de las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar de qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

1.2.2. Objetivos específicos

Describir las características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

Describir las características de las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

1.3. Justificación e importancia

A) En lo Tecnológico

En la investigación se usó tecnología de geo localización espacial y software (ArcGIS, QGIS, Maper, Global Maper, Excel...), etc.

B) En lo Social

El uso tecnológico de geo localización espacial para realizar estudio de precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico en periodos determinados constituirá indicios, antecedentes fundamentales para el país.

C) En lo Académico

La Investigación permitirá la realización de un estudio de las precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca en periodos determinados el cual permitirá adquirir nuevos

conocimientos y será indicios para inicio de diversos estudios en relación hidrometeorológicos en los suelos agrícolas por organizaciones, investigadores y estudiantes.

1.3.1. Limitaciones y delimitaciones

La Investigación fue limitada económicamente; es por ello que se realizó dos muestras, referente al tiempo de duración de estudio se desarrolló en el periodo 2016.

1.3.2. Importancia

Facilitó; evaluar efectos de los fenómenos hidrometeorológicos en suelos, permitirá predecir la erosión, así mismo se podrá buscar soluciones de prevención de erosión de suelos agrícolas.

1.3.3. Delimitación del área de estudio.

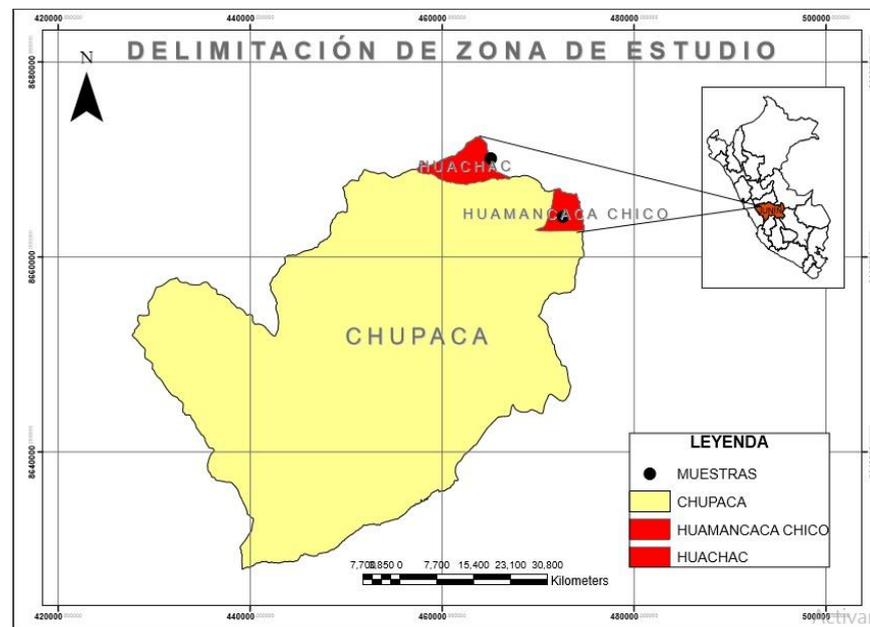


Figura 7. Delimitación del área estudio.
Fuente: Elaboración propia.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis de Investigación

Las precipitaciones extremas influyen de forma directa en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

Esto se origina por movimiento de masa de suelo. Factores que influyen como: las precipitaciones, geología, cobertura vegetal, edafología, pendiente, etc. dónde estás generan riesgo de erosión en suelos y afectan las zonas vulnerables en la provincia de Chupaca.

1.4.2. Hipótesis Nula

Las precipitaciones extremas no influyen de forma directa en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

1.4.3. Hipótesis Alterna

La erosión de suelos depende de otros procesos erosivos en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

1.4.4. Descripción de Variables

A) Variable Independiente: Precipitaciones Extremas

- Definición: Se define precipitación a toda forma de humedad, que se originan en las nubes, llega hasta la superficie terrestre (12).
- Conceptualización: Las precipitaciones extremas están asociadas a un aumento de la frecuencia e intensidad de las tormentas de lluvias. En tal sentido para caracterizar los episodios de las lluvias es primordial conocer la intensidad con las que estos reducen y a partir

del cual se generan las isoyetas de precipitación como interés la prevención de daños de eventos extremos climáticas tales como la erosión de suelos agrícolas por precipitaciones extremas (13).

- Categorización: intensidad de la precipitación
- Indicador: mm/h

B) Variable Dependiente: Erosión de Suelos Agrícolas.

- Definición: La erosión del suelo, es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión (14).
- Conceptualización: Erosión de suelos Agrícolas

La erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por lluvias, el viento, o por, malas prácticas que realiza el hombre en su chacra. Por estas pérdidas disminuye poco a poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad. Esta pérdida del suelo es para siempre. La erosión del suelo es uno de los problemas que más afecta a los suelos de la región alto-andina del Perú que reduce su productividad (15).

- Categorización: Factor de riesgo de erosión
- Indicador t/ha

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIA O DIMENSIONES	DEFINICIÓN	INDICADOR	ITEM
Erosión de Suelos Agrícolas.	N: Cuantitativa C: Simple F: Dependiente	La erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por lluvias, el viento, o por, malas prácticas que realiza el hombre en su chacra. Por estas pérdidas disminuye poco a poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad. Esta pérdida del suelo es para siempre. La erosión del suelo es uno de los problemas que más afecta a los suelos de la región alto-andina del Perú que reduce su productividad (16).	- Erosión leve - Erosión moderada - Erosión severa	La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión (15).	- Factor de riesgo de erosión (tn/ha)	- Se georreferencio las zonas de estudio
Precipitaciones Extremas	N: Cuantitativa C: Simple F: Independiente	Las precipitaciones extremas están asociadas a un aumento de la frecuencia e intensidad de las tormentas de lluvias. En tal sentido para caracterizar los episodios de las lluvias es primordial conocer la intensidad con las que estos reducen y a partir del cual se generan las isoyetas de precipitación como interés la prevención de daños de eventos extremos climáticas tales como la erosión de suelos agrícolas por precipitaciones extremas (14).	- Intensidad larga - Intensidad media - Intensidad corta	Precipitaciones se define a toda forma de humedad, que se origina en las nubes, llegan hasta la superficie terrestre (13).	- Intensidad mm/h	-Se utilizó imágenes satelitales y datos pluviométricos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Artículos Científicos.

El artículo científico, que tiene como título *“Enfoque integrado de Universal de Pérdida de Suelos Ecuación (USLE) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) para la Evaluación de Riesgos de Pérdida de Suelo en la Alta Cuenca del Sur Koel , Jharkhand”*, cuyo objetivo de la investigación del estudio es evaluar el enfoque integrado de Universal de Pérdida de Suelos Ecuación (USLE) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) para la Evaluación de Riesgos de Pérdida de Suelo en la Alta Cuenca del Sur Koel , Jharkhand, utilizando el método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y usando en el marco del SIG. La investigación presenta como resultados un aumento en la pérdida de suelo con una mayor inclinación de la pendiente. Mayor parte de la cuenca es bajo una ligera pérdida de suelo a la zona

moderada. Sólo el 18,2% del área de estudio está en la pérdida de alta o muy alta del suelo. Nos encontramos con que las tierras agrícolas con aumento de la experiencia de inclinación de la pendiente más la pérdida de suelo. Por lo tanto, más énfasis se debe proporcionar a las zonas de gradiente de pendiente alta para la planificación de la conservación del suelo. El trabajo concluye que en el mapa promedio anual de pérdida de suelo sin duda será útil en la identificación de áreas prioritarias para la aplicación de medidas de conservación del suelo y el control eficaz de la pérdida de suelo (16).

El artículo científico, que tiene como título "*La evaluación potencial erosivo de las lluvias Urussanga, Carolina del Sur, sin periodo*", cuyo objetivo de la investigación del estudio es determinar el contenido de erosividad - EI30, mensual y anual, establecer el poder cinética de tormentas individuales, estiman el valor de Factor "R" para su uso en la Ecuación Universal de Pérdida En solitario (USLE), evaluar la distribución anual y mensual índice de erosividad local y la probable necesidad de ocurrencia y el periodo de recuperación de los índices mensuales y erosividad anual. La investigación presenta como resultados que el índice de erosividad anual más grande se obtuvo en 1995 por importe de $12.091 MJ mm ha^{-1} h^{-1}$, y el valor min $2.847 MJ mm ha^{-1} h^{-1}$ registradas en 1989. El trabajo concluye que la erosividad Índice Anual con periodo de cinco años de retorno podría estimarse en $7375.6 mm MJ ha^{-1} h^{-1}$. Por lo tanto, podría incluirse un factor de riesgo en el USLE, adoptando el índice erosividad de las precipitaciones con cierto nivel de probabilidad de recurrencia o período de retorno, y no sólo el valor de la media (17).

El artículo científico, que tiene como título *“Erosión Hídrica en la Cuenca Alta del Río Moche”*, cuyo objetivo de la investigación del estudio es evaluar la pérdida de suelo y la incidencia de las precipitaciones pluviales como factor en la erosión hídrica, utilizando el método velocidad/superficie, resultantes de la esorrentía en el período comprendido de octubre 2005 a mayo 2006; registros realizados en cuatro momentos en los ríos de la cuenca, a los efectos de determinar el índice de esorrentía y el coeficiente de esorrentía. La investigación presenta como resultados la microcuenca Huangamarca presenta un mayor índice de esorrentía que la microcuenca Pollo. Estos resultados pueden ser explicados si consideramos que las precipitaciones son mayores en Huangamarca, lo que permite un mayor índice de esorrentía; pero por sus características geomorfológicas de menor pendiente, colinas poco prominentes en el área superficial con cobertura vegetal, su coeficiente de esorrentía es menor. El trabajo concluye que la erosión hídrica es mayor en la microcuenca, por tanto, los suelos se caracterizan por presentar una alta erodabilidad. Lo cual incrementa la erosión potencial por las condiciones geomorfológicas poco favorables, fisiografía del medio, escasa cobertura vegetal y el efecto de las precipitaciones pluviales. El factor geomorfológico representado por las pendientes que llegan hasta 15 %, 35 % en las microcuencas Huangamarca y Pollo, respectivamente, influyen en la erosión de los suelos (18).

El artículo científico, que tiene como título *“Evaluación de la pérdida de suelo, asociada al proceso de expansión urbana y reconversión productiva. Caso: comunas de Los Andes, Quillota y Concón, valle del Aconcagua”*, cuyo objetivo fue estudiar la pérdida de suelo, asociada al proceso de expansión urbana y reconversión productiva. Utilizando como método; La Ecuación

Universal de Pérdida de Suelo (USLE), en microcuencas representativas, simulando dos distintos escenarios representativos de diferentes prácticas de conservación de suelos. Por otra parte, se aplicaron indicadores de calidad de suelo en el fondo de valle, para cuantificar la degradación producida en la última década. La investigación presenta resultados, donde muestran degradación en los suelos agrícolas del valle, producto, tanto de factores endógenos como exógenos, entre los que la topografía y la cobertura vegetal resultan relevantes, sumados a los impactos de la dinámica y socioeconómica. El trabajo concluye que el valle muestra una mayor vulnerabilidad, dando magnitudes de las transformaciones territoriales que han presentado las últimas décadas (19).

El artículo científico, que tiene como título “*Cambio de uso de suelo en la cuenca de San Cristóbal de las Casas, México*”, cuyo objetivo fue estudiar los cambios de uso del suelo y sus efectos sobre procesos de degradación y procesos hidrológicos en la cuenca. Los usos de suelos de la cuenca se obtuvieron, mediante la clasificación supervisada de imágenes de satélite, utilizando como método de investigación la Ecuación Universal del Suelo USLE. La investigación conduce a mostrar clasificación supervisada de imágenes satelitales se obtuvieron cuatro mapas temáticos para los años 1975, 1993, 2000, 2009 y fueron la base para el análisis de los cambios de uso de suelo. El trabajo concluye que en los periodos estudiados no se presentó una marcada tendencia de cambio de uso, con excepción de las zonas urbanas, la tasa anual de erosión hídrica fue afectada en el periodo 1975-200, aunque más que en su valor en la distribución de las áreas degradadas en la cuenca (20).

El artículo científico, que tiene como título “*Estimación de la Erosión Hídrica y su relación con el Uso de Suelo en la Cuenca del Río Cahoacán, Chiapas, México*”, cuyo objetivo de la investigación del estudio es evaluar la erosión hídrica, además de analizar los efectos de las modificaciones en el uso de suelo de la cuenca del río Cahoacán localizada en la costa chiapaneca, utilizando como método la Ecuación Universal de Perdida de Suelo EUPS; para estimar el factor de erosividad (R) se empleó la metodología propuesta por Cortés (1991), se usaron datos de precipitación media mensual y media anual de 5 estaciones que se encuentran dentro de los límites de la cuenca y de 10 estaciones que se encuentran fuera de ella pero próximas a sus límites; los valores de R, al igual que las demás variables consideradas en la EUPS, se analizaron con apoyo del ArcView 3.2. Se establecieron tres escenarios, uno bajo condiciones actuales de uso de suelo, otro considerando las modificaciones de la vegetación en la cabecera de la cuenca; finalmente un tercero en el que se mantenían las condiciones de uso de suelo en la cabecera a la vez de que se realizaban prácticas de conservación en la misma, para lo cual se divide en 13 microcuenca. La investigación presenta resultados que revelaron que, en condiciones actuales de uso de suelo, las pérdidas van desde 16,270 t/ha/año hasta valores de 20,000 t/ha/año, presentándose valores mínimos de 13.317 t/ha/año. El trabajo concluye que, de seguir las alteraciones de los bosques, los valores actuales de pérdida de suelo pueden incrementarse hasta en un 900%. De modificarse la tendencia actual de deforestación y con buenas prácticas agrícolas en las zonas donde se realiza agricultura de temporal y de riego, la pérdida de suelo se reduciría en un 60 % con respecto a la actual (21).

El artículo científico, que tiene como título “*Evaluación de la vulnerabilidad a la degradación por erosión en suelos mediante un modelo de lógica borrosa*”, cuyo objetivo de la investigación del estudio es determinar la vulnerabilidad de suelos a procesos degradativos, tales como la erosión. Está basado en el empleo de la lógica borrosa para operar con variables predictivas continuas estimadas a partir de imágenes de teledetección y modelos digitales de elevaciones, combina variables explicativas relativas al estado de la cubierta vegetal y diversos parámetros topográficos, las estimaciones se realizan mediante un sistema de decisión implementado en un sistema de información geográfica (SIG), obteniéndose mapas de vulnerabilidad que pueden ser actualizados con nuevas imágenes de satélite. La investigación presenta como resultados la detección de los incrementos de vulnerabilidad a la erosión, fue muy alta, ya que se alcanzó un porcentaje de acierto global del 82,3% utilizando como variable independiente los porcentajes de cambio de vulnerabilidad. La detección de “no incrementos” de vulnerabilidad a la erosión fue muy baja, debido a que las variables independientes utilizadas en los modelos estaban calculadas para estimar cambios de vulnerabilidad detectados mediante el modelo de lógica borrosa. El trabajo concluye que el empleo del modelo de estimación de vulnerabilidad mediante lógica borrosa se muestra altamente eficiente para la detección de incrementos en la vulnerabilidad a la erosión de suelos, pudiendo realizarse de manera sistemática y con alta frecuencia temporal estimaciones de vulnerabilidad, que permitirían un seguimiento temporal. El modelo aquí presentado es un modelo simplificado, que brinda un marco de desarrollo marcado por el empleo de la lógica borrosa e información derivada de imágenes satelitales, cuya mejora y calibración presenta indudables

oportunidades para el desarrollo de futuros modelos dinámicos de evaluación de la degradación de suelos (22).

El artículo científico, que tiene como título *“Estimación de la admisibilidad de pérdidas de suelo por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napaleofú, provincia de Buenos Aires-Argentina”*, cuyo objetivo de la investigación del estudio es realizar la estimación cuantitativa de erosión hídrica superficial con SIG, mediante la aplicación del modelo Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE). La investigación conduce a los resultados permitieron un mayor dinamismo en el proceso de análisis y representación de la información antecedente, en enlace con el modelo USLE. Se generó una base de datos inédita georreferenciada de pérdida de suelo superficial, definiendo el máximo de la tolerancia a la erosión hídrica y su admisibilidad actual, estableciendo que la cuenca presenta un 81 % de su superficie en estado de erosión leve, representando un 88 % en estado admisible de tolerancia. El trabajo concluye, promueve en la mantención de los tratamientos sustentables actuales (23).

El artículo científico, que tiene como título *“Caracterización de la cuenca del río Canoabo”* cuyo objetivo estimar la pérdida potencial y real del suelo, así como identificar erosiones propensas sub-cuencas en el área de estudio, Utilizando como método La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), en microcuencas representativas, simulando dos distintos escenarios representativos de diferentes prácticas de conservación de suelos. Por otra parte, se aplicaron indicadores de calidad de suelo en el fondo de valle, para cuantificar la degradación producida en la última década. La investigación presenta

resultados en el área de estudio, las variaciones estacionales de los factores R se muestran en los mapas de distribución espacial y factores no monzón R. El trabajo concluye que el método tradicional USLE puede ser utilizado para la identificación de las zonas expuestas a riesgos de erosión de alto nivel (24).

2.1.2. Antecedente de autores de tesis.

En la tesis, titulado *“Influencia de las precipitaciones extremas en los riesgos de inundaciones pluviales registradas mediante imágenes del satélite GOES 13 en el Valle del Mantaro – Estación del verano del 2015”*, en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Pre Grado de la Universidad Continental. El estudio aporta la determinación de la intensidad de la precipitación mediante construcción de isoyetas, se logra determinar la precipitación total acumulada. Además, el estudio aporta que en el valle del Mantaro se registraron 22 precipitaciones extremas ocurridas en la estación del verano del 2015 y los clasificaron en altas, medias y bajas; las precipitaciones extremas altas se concentraron en la provincia de Chupaca (25).

En la tesis, titulado *“Caracterización de Tormentas en el Valle del Mantaro”*, en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El aporte del estudio fue que es la primera vez que se utiliza la información del radar de precipitación del satélite TRMM y por tanto se obtiene un nuevo juego de datos que incluyen una amplia variedad de variables que nos permitirán continuar haciendo investigaciones en cualquier parte. Inicialmente se pensó que la información nueva serviría para mejorar los estimados de lluvia basados en imágenes GOES de radiación infrarroja, pero los resultados de esta tesis muestran que si comparamos pixel a pixel no hay una

relación uno a uno entre la temperatura de brillo obtenida de las imágenes GOES y la lluvia medida por el PR TRMM, más aun utilizando únicamente los datos del PR TRMM no se aprecia una relación de uno a uno entre la lluvia y la altura de las tormentas (26).

En la tesis, titulado *“Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos”*, en la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad del Bío de Concepción, Chile. El estudio aporta que, ante un incremento de la intensidad de lluvia, aumenta la cantidad de material erodado conservándose una tendencia lineal similar entre las pendientes. Sin embargo, la respuesta superficial del suelo difiere sustancialmente. Además, para variaciones de intensidad con duración de precipitación constante se observa que el factor de amplificación de intensidad no es directamente proporcional a la tasa de erosión, superando al factor de variación para la totalidad de las pendientes, con mayor sensibilidad en el talud de pendiente media (27).

En la tesis, titulado *“Detección de la Salinidad en los Suelos de Cultivos de Algodón usando Imágenes de Satélite en la Costa Norte del Perú”*, en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El estudio aporta la técnica de Teledetección, para el registro de imágenes satelitales, resulta ser una herramienta fundamental para este tipo de estudios y la planificación territorial, lo cual proporciona resultados a corto plazo sobre la ubicación de las áreas afectadas (28).

En la tesis, titulado *“Determinación del impacto erosivo en el litoral por la construcción del Puerto de Salaverry y el Molo Retenedor de Arena,*

desarrollando un estudio de erosión”, en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería. El estudio aporta que la construcción de un espigón cuyas características de encabezado en la batimétrica de 2.5m, ayudaría a evitar que una erosión continúe y, además, es posible que se requiera colocar arena en el contorno (29).

En la tesis, titulado *“Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)”*, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. El estudio que aporta es evaluar el riesgo de erosión hídrica y su distribución espacial, y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza), con el fin de proponer alternativas (30).

2.1.3. Otros Antecedentes

El trabajo de Junquas y otros la Influencia de la Orografía sobre las precipitaciones en los Andes Tropicales. Estos estudios presentaron resultados de simulaciones de alta resolución realizadas con el modelo del clima regional WRF (Weather Research and Forecasting, NCAR). Los primeros resultados de la simulación figuran, muestran una repartición coherente de las estructuras climáticas. Se distingue por ejemplo que el viento entra en la cordillera por diversos valles. Además, se confirma que las lluvias no-convectivas son responsables de una sobreestimación de las lluvias arriba de 3500m. Como conclusión se muestra que el modelo regional WRF es capaz de representar los patrones principales de precipitación en la región de los Andes tropicales a 27km de resolución (31).

El trabajo de Servicios climático con énfasis en los Andes en apoyo a las decisiones. Realizaron estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático y las decisiones políticas relacionadas con el clima deben estar basados en información climática de calidad. En este contexto, CLIMADES basado en la estrecha colaboración entre Perú y Suiza buscan abordar esta problemática, mejorando los servicios climáticos para los Andes peruanos, así como aumentar el número de profesionales y estudiantes capacitados en meteorología económicas para los diferentes sectores productivos, se verá reflejado en beneficios económicos para los diferentes sectores productores, que se verá reglado en beneficio de toda la población en general. Organizando el proyecto y coordinado por la OMM y ejecutado por el Servicio Nacional de Meteorológico e Hidrología del Perú y la Oficina Federal de Meteorología y Climatología MeteoSwiss en la colaboración con la Universidad Agraria la Molina, La Universidad de Berna y Meteodat GmbH. Este proyecto financio la Agencia Suiza para la Cooperación en el Desarrollo. (32).

El trabajo, sobre Indicadores Bióticos del Cambio Climático: caso café y granadilla en la convención de Cusco es altamente vulnerable al cambio climático. La agricultura es altamente vulnerable al cambio climático, la productividad podría retroceder entre 10% a 20% en los próximos decenios, afectando la seguridad alimentaria. La escasez de agua afecta gravemente la agricultura, por la dependencia hídrica de los nevados, los páramos y las praderas, en acelerado retroceso. Actualmente existen más de cien conflictos por el uso del agua. El 81% de la producción de los ocho principales cultivos alimentarios principales presenta vulnerabilidad muy crítica ante sequías. En cada campaña se pierden más de 15,000 hectáreas de cultivos por efectos

climáticos como sequías, heladas y exceso de lluvias. Como conclusión se muestra que el incremento de temperatura debido al cambio climático, a la escasa precipitación en unos casos o al exceso de lluvias o a las olas de calor, la producción se ha visto mermada y también las plantas empleadas para sombra han sido perjudicadas, afectando también a la propia planta del cafeto; de otro lado, debido al incremento en temperaturas, hoy los cafetales por debajo de los 1,500 m.s.n.m. han sido seriamente dañados (33).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos

2.2.1.1. El movimiento atmosférico

Los procesos físicos en la atmósfera autorregulan para tratar de reducir las grandes diferencias que resultan de la distribución irregular de la energía, la humedad y la presión en el planeta. La atmósfera es como una gran máquina térmica en la cual la diferencia permanente de temperatura existente entre los polos y el ecuador proporciona la energía necesaria para la circulación atmosférica. La eficiencia de esta máquina es muy pequeña, aproximadamente del 2% (34).

La transformación de la energía calorífica en energía cinética puede implicar un ascenso o un descenso del aire, pero los movimientos verticales son generalmente mucho menos evidentes que los horizontales. Por término medio, la velocidad de los vientos horizontales es del orden de algunos centenares de veces más grande

que la de los movimientos verticales, aunque hay algunas excepciones como, por ejemplo, las tormentas convectivas (34).

2.2.1.2. Dinámica atmosférica

Las fuerzas que actúan sobre un volumen V de aire de densidad ρ de la atmósfera son: (35).

- La fuerza de la gravedad: $\rho V g$;
- La fuerza del gradiente de presión P o fuerza bórica, la cual, por unidad de masa, es:

$$-\frac{1}{\rho} \nabla P$$

- La fuerza de Coriolis

De estas fuerzas, las que actúan según la vertical son la de la gravedad y la componente vertical de la fuerza bórica $-\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z}$ (por unidad de masa). Se trata de dos fuerzas que tienen sentidos y que tienden a compensarse y producir el estado del equilibrio hidrostático (34).

$$g = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z}$$

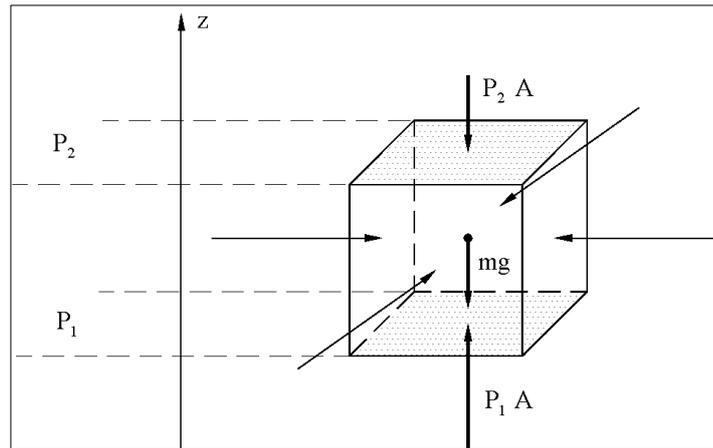


Figura 8. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m .
Fuente: (34).

Se menciona, que dentro del fluido atmosférico, un cierto volumen de aire como el que aparece en la figura N°8 (columna de base A), las fuerzas horizontales de la presión que el resto de fluido ejerce sobre esta porción de aire se compensan entre sí, mientras que en la vertical la diferencia de presiones entre las dos alturas (P_1 y P_2 , con $P_1 > P_2$) determina la aparición de una fuerza vertical hacia arriba (el empuje de Arquímedes, $(P_1 - P_2) A$) que compensa el peso del volumen (mg). Las superficies isobáricas, superficies de igual presión, son planos horizontales cuando se da este equilibrio hidrostático.

Se interpreta que la fuerza de la gravedad es la responsable tanto de la producción como del mantenimiento del gradiente vertical de presión. Cuando el equilibrio entre las dos fuerzas se rompe, como cuando se tiene un cierto volumen de aire de densidad diferente al del entorno, se producen movimientos verticales acelerados de flotación o de hundimiento de este volumen (35).

2.2.1.3. El movimiento horizontal

De acuerdo a los autores Casas y Alarcón el resto de fuerzas (la componente horizontal de la fuerza bática, la fuerza de Coriolis y la de rozamiento) actúan según el plano horizontal y dan lugar al movimiento horizontal del aire, es decir, al viento (36).

A) El gradiente horizontal de presión

Es la fuerza bática según el plano horizontal. La formación de un gradiente horizontal de presión cualquiera representa un estado de desequilibrio momentáneo que da lugar inmediatamente al movimiento horizontal acelerado del aire, es decir, provoca la aparición de viento (36).

B) La fuerza de Coriolis

Es la fuerza de inercia, cuyos efectos aparecen por el hecho de que el movimiento de las masas de aire se observa desde la superficie de la Tierra en rotación.

Esta fuerza se manifiesta desviando la dirección del aire, de manera que, para un observador situado en la Tierra, produce una desviación de la trayectoria hacia la derecha, en el hemisferio norte, y hacia la izquierda, en el sur.

C) Viento geostrófico

El movimiento horizontal del aire más sencillo es el que se produce cuando la fuerza del gradiente de presión queda equilibrada completamente por la fuerza de Coriolis, que actúa en la misma

dirección y en sentido opuesto. Esta situación se da cuando la fuerza de rozamiento es despreciable, como en la denominada atmósfera libre, por encima de la capa de fricción con el suelo (entre 500 y 1000 m de altura). En este caso, el viento toma una dirección aproximadamente perpendicular al gradiente de presión.

D) Movimiento ciclónico y anticiclónico

Se da cuando el aire sigue una trayectoria curvilínea alrededor de un núcleo de alta y baja presión

E) Fuerzas de rozamiento

Existe en las proximidades de la superficie terrestre (por debajo de los 500 m en terreno llano), el rozamiento hace que la velocidad del viento disminuya por debajo del valor geostrofico. Esto influyen también en la fuerza de Coriolis, que depende de la velocidad, la cual, en consecuencia, también disminuye. De esta forma, el viento empieza a atravesar cada vez más oblicuamente las isóbaras en la dirección y el sentido de la fuerza del gradiente de presión. Esta inclinación del viento respecto de las isóbaras suele ser de unos 30° sobre tierra y entre 10° y 20° sobre el mar (36).

2.2.1.4. Los movimientos verticales del aire: ascencias y descendencias

Son la convergencia y la divergencia mecánicas del aire asociadas a los centros de baja y de alta presión pueden dar lugar al movimiento vertical a gran escala del aire, de elevación en el primer

caso y de subsidencia en el segundo, con velocidades del orden de los 5-10 cm/s en ambos casos (36).

2.2.1.5. Circulaciones

Estas se dan a causa de ciertas peculiaridades de la topografía y la interacción entre el océano y los continentes, es bastante corriente el establecimiento de circulaciones de aire de escala local o mayor (36).

Existen circulaciones locales, donde son determinadas por interacciones entre la atmósfera y la superficie situada debajo de ella. La temperatura de los niveles bajos de la atmósfera depende de que la superficie de debajo sea agua o tierra y de las características de esta tierra (36).

2.2.1.6. Circulación general atmosférica

Esta es la configuración a escala planetaria de los vientos de la presión como consecuencia de la diferente radiación solar recibida por el planeta en cada latitud y del efecto de la rotación terrestre (36).

A) Características generales

El aire que rodea la Tierra se calienta más en contacto con el Ecuador que en otros puntos, ya que es la zona donde la radiación solar cae de forma más perpendicular. Así, el grosor de la troposfera en el ecuador es más grande que en los polos. Si la Tierra no tuviera el movimiento de rotación y su superficie fuera lisa, el aire que se encuentra sobre el Ecuador se elevaría y sería sustituido por el aire

más frío de los polos, que son los que reciben la menor cantidad de energía solar. De esta forma, se originaría una brisa polar, proveniente de los polos hacia el ecuador, sobre la superficie. (36).

❖ **El frente polar**

El aire expulsado de los polos no pasa normalmente por debajo de los 60° de latitud. Y es donde la zona de depresiones que hay sobre la superficie en estas latitudes separa, pues, el aire polar del de la zona templada o aire tropical. El frente polar es esta franja que separa, en el hemisferio norte, los vientos polares del nordeste de los tropicales del sudoeste. En el hemisferio sur separa los vientos polares del sudeste de los tropicales del nordeste.

❖ **La corriente en chorro**

Estas se observan en unas fuertes corrientes de aire del oeste en altura, a una velocidad máxima muy pronunciada: en el hemisferio norte supera generalmente los 60 m/s, y en invierno puede aumentar incluso hasta los 135 m/s.

2.2.1.7. Las corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas superficiales se forman, igual que los vientos, como consecuencia de la distribución de zonas de alta y de baja presión atmosférica, y aparecen para regular el intercambio de calor y energía entre estas zonas, a la vez que influyen de forma importante en el clima, dada su capacidad calorífica (unas 1000 veces superior a la de la atmósfera). Se calcula que las corrientes oceánicas

representan entre un 20 y un 25 % del transporte de calor total meridiano. Este transporte varía con la latitud, y es más importante en latitudes bajas (36).

2.2.1.8. Fenómenos meteorológicos

2.2.1.8.1. La humedad terrestre

En la Tierra, el ciclo hidrológico tiene tres procesos fundamentales: la evaporación del agua en los océanos, en los ríos y los lagos, en el suelo mojado y por transpiración de las plantas; la condensación del vapor de agua en forma de nubes, niebla o rocío, y la precipitación. Primer cambio de fase son (de líquido a gas, de gas a líquido) en el cual interviene el calor latente de evaporación: se necesitan unas 590 calorías (2470 J) para evaporar un gramo de agua, y en la condensación de un gramo de agua se libera una cantidad equivalente de calor (37).

2.2.1.8.2. Principales procesos termodinámicos en la atmósfera

Fundamentalmente son tres procesos: a) El enfriamiento por contacto, b) La mezcla de masas de aire a diferente temperatura y c) El enfriamiento dinámico por elevación del aire (37).

2.2.1.8.3. El enfriamiento por contacto

Esto se ocurre cuando pasa aire cálido y húmedo por encima de una superficie fría. También se da durante la noche, sobre todo en la estación de invierno y en calma, el suelo se enfría por radiación y este enfriamiento se extiende a la capa de aire húmedo que se encuentra en contacto con él. En estos casos, el enfriamiento es suficiente para llegar a la temperatura que corresponde a la saturación, donde esto produce la condensación del vapor de agua del aire en forma de rocío sobre la superficie, de niebla o, incluso, de escarcha, como resultado del cambio de fase de gas a sólido (37).

2.2.1.8.4. La mezcla

La mezcla vertical de dos capas diferentes dentro de una sola masa de aire, o la mezcla horizontal de dos masas de aire diferentes, también puede producir condensación. En la figura N° 9 muestra un caso de condensación por mezcla horizontal de dos masas de aire (37).

Si una de las masas es caliente y muy húmeda, la podemos representar en el diagrama e-T como el punto A. La masa fría estaría representada por el punto B. Dada la curvatura de la curva de presión de vapor saturante $e_s(T)$, el estado final de la mezcla entre ambas, que viene dado

por un punto intermedio sobre la recta que las une, resulta a la izquierda de la curva de equilibrio gas-líquido, es decir, sobresaturado. En consecuencia, se produce condensación. La niebla resultante se conoce con el nombre de niebla de mezcla. Las estelas que los aviones dejan en el cielo son un caso de niebla de mezcla, en que los gases húmedos y calientes que salen del motor se mezclan con el aire frío y seco de fuera (37).

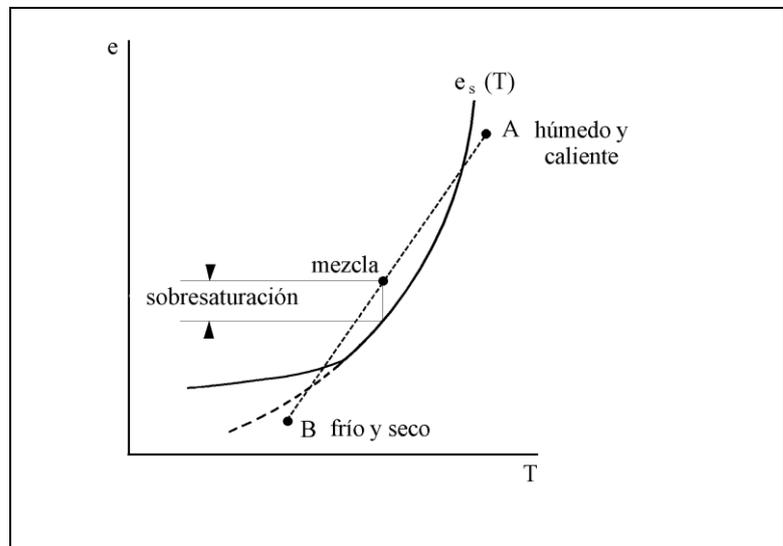


Figura 9. Mezcla horizontal de dos masas de aire
Fuente: (37).

2.2.1.8.5. El enfriamiento dinámico

Es el proceso que causa una condensación más efectiva. Los movimientos verticales de las masas de aire en la atmósfera van siempre acompañados de cambios en la presión. El movimiento de una masa de aire hacia una zona cercana pero que se encuentra a presión diferente, cuando se realiza sin intercambio de calor con el

ambiente, produce un cambio de volumen y de temperatura que se denomina adiabático. En la atmósfera, los movimientos verticales ascendentes y descendientes del aire suelen producir cambios adiabáticos de temperatura, ya que el aire es en general mal conductor del calor y las masas de aire tienen tendencia a mantener sus características térmicas (37).

2.2.1.8.6. Estabilidad e inestabilidad del aire

Para que suceda una condensación y llegue a darse el ascenso de aire no puede parar antes de que la presión de vapor sea saturante. La atmósfera es estable cuando hay lugar de condensación de vapor de agua y a la formación de una nube. Así mismo también cuando está poco desarrollada y no continúe creciendo. La inestabilidad será la condición indispensable para que las nubes tengan suficiente desarrollo vertical y puedan dar lugar a precipitación (37).

A) El tiempo en los anticiclones

Los centros de alta presión, o anticiclones, son sistemas asociados a divergencia en la superficie y, en consecuencia, en su interior el aire desciende y se comprime. Esto impide que se formen nubes y, por tanto, la presencia de un anticiclón suele dar lugar a buen tiempo. Asimismo, el polvo, los humos y otros

contaminantes tienen tendencia a acumularse en las capas bajas, enturbiando la atmósfera y ocasionando calima. Si el aire es muy húmedo, pueden formarse nieblas o capas de estratos, de manera que, en determinadas regiones, puede lloviznar si las condiciones orográficas son favorables (37).

B) El tiempo en las depresiones

Se sabe que en las áreas de baja presión se produce la convergencia del aire en superficie, y esta convergencia va ligada a la presencia de movimientos ascendentes. Así, cuando una baja o depresión afecta una zona son muy corrientes la formación de nubes y la lluvia (37).

Las depresiones, están formadas básicamente por aire frío, como las bajas polares, esta se origina cuando una masa de aire polar o ártico, al desplazarse hacia el sur, sobre todo en invierno, y pasar por encima del océano, relativamente más cálido, se va calentando intensamente por debajo(37).

❖ Depresiones frontales

La formación de las depresiones que se presentan más habitualmente en invierno en latitudes medias se puede explicar a partir de una perturbación en el frente polar (37).

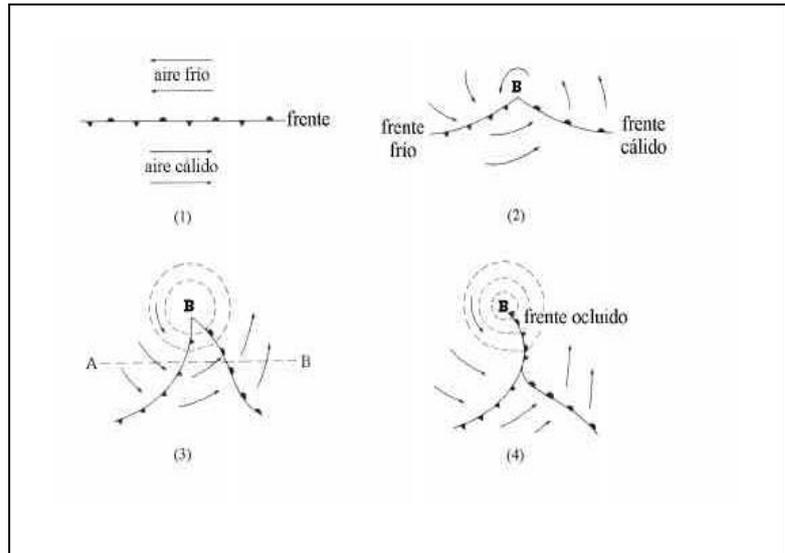


Figura 10. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m

Fuente: (37).

❖ Ruptura de la corriente en chorro

Las corrientes en chorro o jet polar y tropical, que circulan de oeste a este y dan la vuelta a la Tierra casi continuamente. La posición media de la corriente polar coincide aproximadamente con el paralelo 55° , es decir, la parte norte de la zona de los vientos de poniente. Por encima, en el hemisferio norte, queda la zona de depresiones en superficie que separa las altas presiones polares de la zona templada. Por tanto, es una frontera de separación entre el aire polar y el tropical, exactamente como el frente polar, pero en altura. Ambos tienen la misma orientación y dirección media; por eso la corriente en jet no atraviesa los frentes fríos ni los cálidos, pero sí las oclusiones. Los frentes en superficie son un reflejo de

la corriente en jet que circula en altura, pero con las ondulaciones más acentuadas (37).

❖ Gota de aire frío

La ruptura de la corriente en jet es tan breve que enseguida se vuelve a recuperar la corriente original, y una porción de aire polar queda aislada dentro del aire tropical (37).

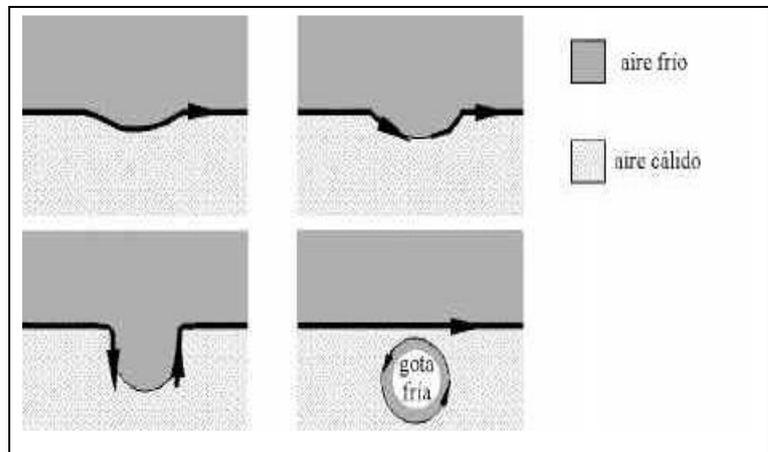


Figura 11. Formación de una gota fría.
Fuente: (37).

Esta masa de aire frío suele ocupar un área aproximadamente circular aproximadamente de menos de 1 km de radio, que gira en sentido ciclónico alrededor de su centro. El contraste entre este aire y el cálido que lo rodea es muy grande, y al cabo de pocas horas suele originarse en superficie una depresión reflejo de la que hay en altura. Estas dos depresiones se encuentran prácticamente sobre el mismo vertical y dan lugar a una especie de “chimenea” enorme que absorbe

violentemente el aire caliente de la superficie y lo lanza hacia arriba. Cuando esto pasa se forman grandes cumulonimbos y fuertes tormentas, sobre todo en la parte delantera de la gota, que se traslada muy lentamente en la dirección de los vientos predominantes (37).

2.2.1.8.7. Precipitaciones

Es toda forma de humedad, que esta es originada en las nubes y llegan a la superficie terrestre, donde incluye como la lluvia, granizo, nieve y rocío (vapor condensado directamente sobre superficies frías) (37).

Nombre genérico dado a aguas meteóricas que provienen de humedad atmosférica y que caen sobre superficie de Tierra (37).

2.2.1.8.7.1. Formación de las precipitaciones

Siempre se tendrá humedad en la atmósfera, pero se requiere un mecanismo que enfrié lo suficiente al aire para que haya una precipitación.

Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las cuales producen calentamiento o

enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmosfera, o por barreras orográficas. Sin embargo, la saturación no conlleva necesariamente la precipitación (37).

2.2.1.8.7.2. Condensación y Núcleos de Congelamiento

Se tienen presencia de núcleos de condensación o congelamiento, donde estas forman las gotas de agua o los cristales de hielo.

Estos núcleos, partículas de varias sustancias, no necesariamente higroscópicas, el tamaño está entre 0,1 y 10 μ m diámetro. Aquellos cuyo diámetro es menor que 3 μ m están comprendidos dentro del rango de aerosoles y pueden permanecer suspendidos indefinidamente en el aire, excepto cuando se forma la precipitación (37).

2.2.1.8.7.3. Caídas de las Gotas

Para que ocurra precipitación, tales elementos deben aumentar su tamaño hasta que su velocidad de caída exceda a la ascensional el aire (38).

Estos elementos deben ser también lo suficientemente grandes para penetrar en el aire no saturado que se encuentra por debajo de la base de la nube, sin evaporarse completamente antes de llegar a la tierra.

Una gota de agua que cae desde la base de una nube a un Kilómetro sobre el suelo, en aire que tenga 90% de humedad relativa y que está elevando a 1 cm/s, requeriría de un diámetro de aproximadamente de 440 μm para llegar a la tierra con un diámetro de 200 μm .

A destruir el referido equilibrio contribuyen diversos factores, entre los que se pueden identificar básicamente

- La diferencia de tamaño entre las gotas de la nube
- La diferencia de temperatura entre regiones próximas de la nube
- La coexistencia, en una región de la nube, de gotas de agua y de cristales de hielo
- El aumento del tamaño de las gotas mayores por captura, mediante choques, de otras gotas
- Las gotas de lluvia pueden crecer hasta alcanzar un diámetro de aproximadamente 6 mm, a partir del cual las gotas se rompen
- La velocidad máxima de caída, o velocidad termina, que para gotas de 0,5; 1; 2; 3 y mm es respectivamente de 2, 0; 4, 0; 6,5; 8,1 y 8,8 m/s, tiende a nivelarse asintóticamente en un valor del orden de 9 m/s, cuando las gotas de agua se acercan a un tamaño máximo precedentemente mencionado, debido al aumento de la resistencia del aire a medida que caen.

2.2.1.8.7.4. Contenido Máximo de agua Líquida en las Nubes

El máximo de agua líquida en una nube precipitable varía por lo general desde $0,5g/m^3$ en nubes que forman estratos delgados hasta $4g/m^3$ en cúmulos muy anchos, aunque ocasionalmente se han determinado valores mayores(38).

Las nubes que tienen concentraciones de $4g/m^3$ o más, por lo general producen precipitación que llega a la tierra las cantidades precipitadas tienden a estar correlacionadas con el contenido de agua líquida.

Para lluvias fuertes se ha determinado un promedio, alrededor de 25 mm/h por cada g/m^3 de agua contenida en la nube

2.2.1.8.7.5. Clasificación de las precipitaciones

Por la Causa del ascenso de la Masa Húmeda.

La formación de las nubes por enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios procesos que conducen al ascenso adiabático con el consiguiente descenso de presión y descenso térmico asociado (38).

La humedad del aire y a la velocidad vertical influirá la intensidad y cantidad de precipitación.

De acuerdo con la causa que origina este ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse distintos tipos de precipitación: ciclónica, convectiva y orográfica.

❖ Precipitación Ciclónica

Resulta el levantamiento del aire que converge en un área de baja presión o centro ciclónico, pudiéndose presentar como precipitación frontal y no frontal.

❖ Precipitación Convectiva

Esta se origina por ascenso de masa de aire caliente y con el aire frío que desciende, ocurren en zonas tropicales o períodos calurosos (verano), tormentas localizadas, de fuerte intensidad y corta duración. Estas diferencias de temperatura pueden ser el resultado de calentamiento diferencial en su superficie o en la parte superior de la capa de aire.

❖ Precipitación Orográfica

Origen de aire húmedo, que se desplazaba horizontalmente, es forzado a ascender siguiendo barreras de montañas. Se presentan en forma de lluvia o nieve. A veces, en caso de masas inestables, son precipitaciones débiles pero importantes en cantidad.

2.2.1.8.7.6. Por la forma en que cae

Por las formas en que cae (tipo de hidrometeoros), se pueden distinguir diversos tipos de precipitación, entre los cuales los de mayor interés son: (39).

A. Lluvia

Precipitación provenientes humedad atmosférica, según sus intensidades pueden distinguirse:

- ✓ Ligera : Para tasas de caída de has 2,5mm/h
- ✓ Moderada : Desde 2,5 hasta 7,5 mm/h
- ✓ Fuerte : Por encima de 7,5 mm/h

• Llovizna

Precipitación de gotas de diámetro inferior al medio milímetro, uniformemente dispersas, muy numerosas y que aparentemente flotan en el aire.

• Chaparrón o Aguacero

Son precipitaciones están son producidas por nubes de gran extensión vertical y poca extensión horizontal, pueden ser bien líquida o sólida, que comienzan y acaban bruscamente, en duración relativamente corta.

• Nieve

Precipitación donde se da a una temperatura del aire superior de -10°C , son agrupaciones cristalinas de hielo en forma hexagonales.

- **Agua Nieve**

Precipitación de nieve en fusión, mientras cae, sola con lluvia.

- **Neviza**

Nieve en forma granular y compacte que se produce por cambio de temperatura, formando el estado de transición al hielo glaciado.

- **Rocío**

Condensación directa del vapor contenido en el aire adyacente a superficies enfriadas por radiación nocturna.

- **Escarche**

Rocío helado, son cristales diminutos del hielo, en forma de escamas o agujas.

- **Granizo**

Precipitación de grano de hielo traslúcido, que se produce por nubes convectivas, generalmente de tipo cumulonimbos.

Su densidad es del orden de $0,8 \text{ g/m}^3$ y su diámetro varía entre 5 y 50 mm e incluso superior.

2.2.1.8.7.7. Medida de las precipitaciones

A. Dificultades de medición

Se tiene dificultades con la medición correcta de la altura de agua precipitada, a continuación se tiene las siguientes razones principales (39).

Cualquiera sea el dispositivo ideado para la medición su sola presencia origina una perturbación aerodinámica que altera a su alrededor el “campo” de las precipitaciones, creando en su vecindad inmediata torbellinos que pueden afectar la cantidad de lluvia captada. Resulta pues esencial medir las precipitaciones con aparatos determinados, instalados y accionados según método estrictamente normalizados, afín de obtener resultados que sean comparables, tanto como es posible.

La presencia de viento, que puede acompañar a las precipitaciones e incidir (a veces notoriamente) sobre la cantidad de agua realmente captada.

La muestra que se obtiene para efectuar la medición es siempre extraordinariamente pequeña en relación al conjunto de la lluvia, que abarca siempre una zona en extremo extensa comparada con la sección del

instrumento a medición, y que en ocasiones se distribuye heterogéneamente en tal zona.

B. Pluviómetro

Un instrumento concebido para medir la altura de agua precipitada, en la hipótesis de distribución homogénea horizontal y sin efecto de evaporación (39).

El Tipo B, el cual está compuesto de tres secciones principales, a saber (figura 12).

La sección superior (a), que es la receptora, tiene una boca circular de 200cm^2 (16 cm de diámetro), formada por un aro de bronce reforzado. En su interior tiene un embudo con orificio para la salida del agua, estando el borde superior de dicho embudo soldado a las paredes.

La sección inferior (b) destinada a retención cuenta con una capacidad de $7.663,5\text{ cm}^3$, lo cual permite alcanzar el agua de una lluvia de 390mm.

La sección (a) se acopla a la (b), formando un conjunto cilíndrico de 45,5 cm de altura.

En el interior de la sección (b) se halla colocado el recipiente (c, denominado colector, que sirve para trasvasar a la probeta el agua recogida a fin de efectuar su

medición. Ese colector tiene 12,5 centímetro de diámetro y 24cm de altura, lo que equivale a una capacidad para recolección directa de hasta 147,2m de lluvia. Al resbalar, el sobrante de agua queda retenido en el depósito (b).

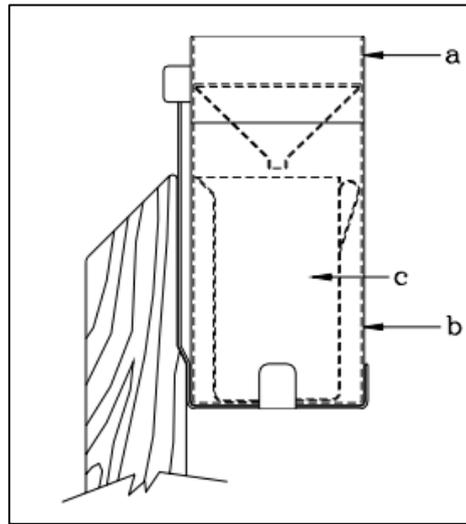


Figura 12. Pluviómetro del tipo B.
Fuente: (39).

❖ **Instalación y Cuidado del pluviómetro**

La instalación del pluviómetro debe desarrollarse cuidadosamente para evitar errores en la obtención de los datos. Las condiciones necesarias para ello son: (39).

- ✓ Boca del debe estar a una altura del suelo de 1.50 m.
- ✓ El pluviómetro debe estar fijado de manera que no haya ningún tipo de movimiento.
- ✓ Debe de colocarse alejado de cualquier obstáculo (arboles, paredes, tapias, etc.) para que los mismos no obstaculicen la entrada de lluvia y no

hay un lugar abierto sin obstáculos para colocar el pluviómetro, es posible colocarlo en la parte más alta como sobre un edificio, casilla, etc.

- ✓ Se debe cuidar siempre que en el interior del pluviómetro o en el embudo.

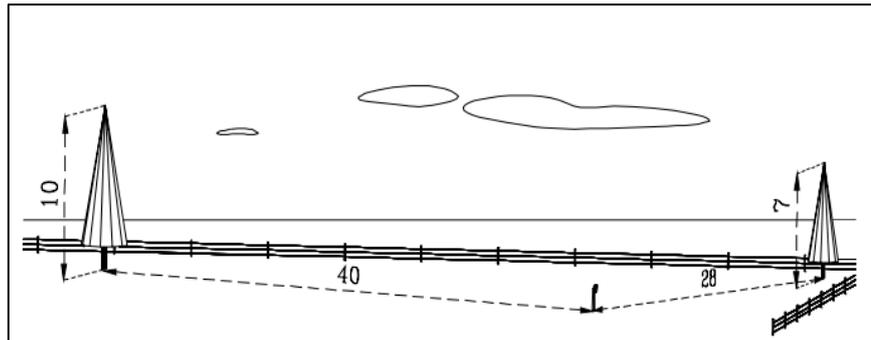


Figura 13. Instalación del Pluviómetro.
Fuente: (39).

❖ Modo de Efectuar la Medición

El procedimiento para efectuar la medición de lluvia caída es el siguiente (39).

Se saca la parte superior o receptora (a).

Se retira el colector (c) colocado en el interior de la parte (b) y se lo sustituye por el de repuesto, volviendo a colocar en su lugar la parte receptora.

Se vierte el agua en alguna de las dos probetas que integran el equipo del pluviómetro y se lee la graduación hasta donde llega el agua.

Si la cantidad de lluvia fuese mayor que la capacidad graduada de la probeta, la operación de llenado

se repite tantas veces como sea necesario, sumando los parciales para obtener el total precipitado. En zonas de lluvias intensas se emplea directamente la probeta mayor para evitar demasiada descarga.

Cuando la cantidad de agua precipitada haya rebasado la capacidad del colector (c) y una parte se ha depositado en el recipiente de retención (b), se mide primero el agua contenida en el colector y luego se trasvasa al mismo y se mide el agua depositada en el recipiente de retención.

Si una lluvia fuera de magnitud tal que hiciera temer sobre la suficiencia de la capacidad del recipiente de retención del pluviómetro para almacenar el agua caída en horas, se debe efectuar una observación intermedia, que se sumare a la realizada a la hora reglamentaria.

C. Pluviógrafos

Este instrumento nos mide la cantidad de agua caída y así mismo el tiempo caído el pluviógrafo también realiza una grabación automática de la precipitación.(39).

❖ Pluviógrafo de Balanza

Este instrumento permite recoger y registrar una cantidad representativa de lluvia, nieve fundida o granizo. Para ello el agua se colecta en un recipiente similar al

pluviómetro cuyo peso accione un mecanismo acoplado al dispositivo registrador (39).

❖ Pluviógrafo de Flotador



Figura 14. Pluviógrafo de Flotador.
Fuente: (39).

En este instrumento la lluvia, captada por una boca de sección normalizada igual a la del pluviómetro (A), cae dentro de un recipiente que contiene un flotador (G). A medida que el nivel del agua en el depósito sube, lo hace también el flotador, el que se halla vinculado al sistema registrado (t) (39).

La capacidad del recipiente es igual al volumen de agua correspondiente a 10 mm de lluvia, de modo que al llenarse de acción un sifón que desagota el recipiente a un depósito (s) y el flotante retorna a su posición inicial, para luego volver a subir si la lluvia continúa.

Cuando los registros se trazan en fajas sobre un tambor giratorio, presentan la característica que cada vez que se produce un vaciado, la curva del pluviograma baja desde el borde superior al inferior de la faja, lo que debe tenerse presente al calcular los totales de precipitación y dibujar la curva de masa (39).

❖ Red Pluviométrica

El uso de una red pluviométrica es para determinar grandes tormentas, promedios extensas en áreas de llanuras (39).

El patrón de lluvias intensas de tipo convectivo es identificado con esta red pluviométrica.

La densidad de la red dependerá para registrar una tormenta.

La Organización Meteorológica Mundial recomienda para propósitos hidrometeorológicos generales, las siguientes densidades mínimas:

- ✓ Para regiones de llanura en zonas tropicales, mediterráneas o templadas: 1 estación cada 600 a 900km^2 .
- ✓ Para regiones montañosas en zonas tropicales, mediterráneas o templadas: 1 estación cada 100 a 250km^2 .

- ✓ Para regiones montañosas pequeñas con precipitaciones irregular: 1 estación cada $25km^2$.
- ✓ Para zonas árida y zonas polares: 1 estación cada 1.500 a $10.000km^2$.

D. Estimación de precipitación Mediante Información Satelital

Estudios que requiera de información sobre precipitaciones en áreas donde las redes de pluviómetro son inadecuadas o inexistentes, como por ejemplo los océanos, es por el uso de estimación de precipitación mediante información satelital (39).

Los satélites no dan mediciones en forma directa, estas dan estimaciones aproximadas de cantidad y tipo de espesor observadas o deducidas a través de las imágenes satelitales y la precipitación probable e intensidad asociada cada tipo de nube, parámetros que deben determinarse en base a datos tomados sobre la superficie de la tierra.

E. Variaciones de la Precipitación

❖ Variaciones Geográficas

En general la precipitación es mayor cerca del ecuador y disminuye al aumentar a latitud. Sin embargo, la irregularidad y orientación de las isoyetas en los mapas de precipitación media anual del mundo, indican que su

distribución geográfica depende de factores más relevantes que la referida distancia al ecuador (39).

La fuente principal de humedad para la precipitación es la evaporación a partir de las superficies de las grandes masas de agua. Por lo tanto, la precipitación tiende a ser mayor cerca de las costas, salvo distorsiones debida a factores orográficos (39).

Puesto que el ascenso de las masas de aire constituye el factor más importante para casi todos los tipos de precipitación, las cantidades y las frecuencias son por lo general mayores el lado de barlovento de las barreas montañosas (39).

❖ **Variaciones en el Tiempo**

Es la caracterización del clima, la precipitación en una determinada época puede o no ser útil a la agricultura, según la correspondencia de los periodos en aquélla se produzca y el ciclo vegetativo de los cultivos.

❖ **Precipitaciones Máximas**

Son las precipitaciones de gran magnitud, éstas se dan en tiempos cortos pero con una mayor intensidad de lluvias, estas ocasionan degradación de la estructura del suelo, erosión, inundaciones, daño a la agricultura, etc. (39).

❖ **Análisis de datos de Lluvia**

- Valores medios característicos

La recopilación se da mensualmente en las estaciones meteorológicas, relativos a lluvias, corresponden a: (39).

- ✓ Precipitación total mensual en cada pluviómetro
- ✓ Precipitación para un intervalo de 24 horas en cada pluviómetro
- ✓ Precipitación máxima mensual en 24 horas en cada pluviómetro
- ✓ Número de días de lluvia, nieve o granizo, durante el mes, en cada estación.
- ✓ Bandas con las inscripciones de los pluviógrafos o registros equivalentes computarizados

Esta información será manejable con el tiempo, es necesario en consecuencia acudir a procedimientos estadísticos normalizadas que racionalicen la presentación, sintetizado el máximo de información en unos pocos parámetros (valores medios, dispersión respecto a

ellos, configuración de la curva de observaciones, etc.).

- **Módulo pluviométrico Anual Medio**

Se denominada media aritmética de lluvia anual, durante una serie de años, cuyos extremos deben consignarse conjuntamente con el valor del módulo pluviométrico, a fin de dejar caracterizado el período del cual aquél es representativo, donde se visualiza con la tabla N°1 tipo de clima (39).

Tabla 1.
Tipo de clima

muy seco	seco	normal	húmedo	muy húmedo	
10	15	50	15	10	para una ley de distribución normal
0 a 15%	15 a 35%	35 a 65%	65 a 85%	85 a 100%	para una distribución de precipitaciones clasificadas, con los valores ordenados de menor a mayor.

Fuente: (39).

- **Lluvia media mensual**

El criterio de medición es la suma de lluvias medias mensuales de todo los meses del año(39) .

La presentación se dará en un diagrama, donde se observará las alturas de lluvias mensuales para cada uno de los 12 meses del año, así también los valores de los promedios

mensuales, valores extremos (máximo y mínimos) producidos en un periodo.

- **Lluvia Diaria**

Una medición diaria con un fin de homogeneizar los resultados del pluviómetro ordinario (39).

Es necesario conocer detalladamente la distribución de esa precipitación a lo largo del día (dato imprescindible, por ejemplo, para el análisis de tormentas intensas de corta duración), Es necesario la instalación del pluviógrafo, cuya banda o registro constituye una curva diaria acumulada, de la cual se deduce, no sólo el total de lluvia recogida, sino las cantidades recibidas en intervalos de tiempo tan pequeños como se quiere (hasta del orden de los minutos), es decir la intensidad de la lluvia, la que se expresa referida a mm/h, afín de homogenizar su interpretación. Si el intervalo fuese infinitésimo de tendría la intensidad instantánea (39).

❖ **Curvas características**

- **Curva de Masa**

Curvas de precipitación acumuladas en un determinado periodo, representada en un sistema de ejes en que se grafican los valores del tiempo. (Usualmente horas) en abscisas y de precipitaciones acumuladas (MM) en ordenadas (39).

Este tipo de curvas es empleado generalmente para representar las características de las tormentas consideradas en forma individual, obteniéndose los valores pertinentes en base a los registros de los pluviómetros (39).

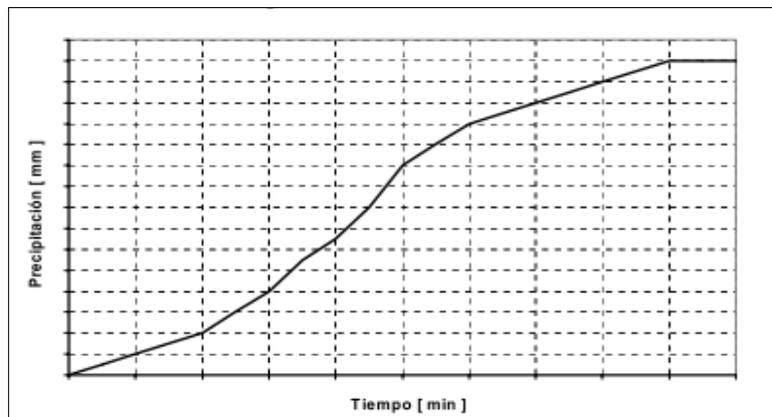


Figura 15. Diagrama de fuerzas que actúan sobre un volumen de aire de masa m
Fuente: (39).

La curva de masa indica la intensidad y la variación en el tiempo de la lluvia durante el transcurso de la tormenta, ya que a pendiente de aquella en cualquier punto es equivalente a la intensidad de la precipitación; además, los tramos

en que la curva de masa se hace horizontal indican periodos sin lluvia.

La pendiente de la recta trazada entre los puntos extremos de la curva de masa, permite obtener la intensidad media de la precipitación producida por la tormenta, en el intervalo de tiempo correspondiente a su duración.

Las curvas de masa de las lluvias producida, constituyen la información más deseable a tener en cada estación de la cuenca o zona bajo análisis; sin embargo, para su obtención se requieren necesariamente registros de pluviógrafos.

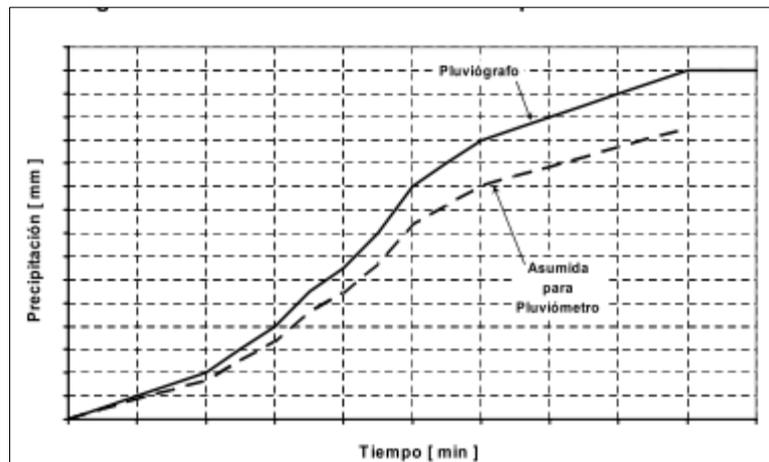


Figura 16. Curva de Maza Reconstruida para Pluviómetro
Fuente: (39).

Se requiere registros pluviométricos. Que corresponden sólo a la cantidad total de lluvia precipitada en un periodo determinando, una

técnica aceptable para “reconstruir” la curva de masa de tales estaciones, es la de adoptar la misma distribución registradas en un pluviógrafo ubicado en la zona, supuesta homogénea en lo relativo a las características de las precipitaciones. Para ellos se afectan todas las ordenadas de la curva de masa disponible, por la relación existente entre las precipitaciones totales registradas en ambas estaciones en el periodo considerado.

- Yetogramas

Se denomina yetograma (histograma o pluviograma) a la gráfica que representan en un mismo tiempo (horas o minutos) en abscisas e intensidades de precipitación (mm/h) e ordenadas, la cantidad de precipitación producida durante una tormenta dada (39).

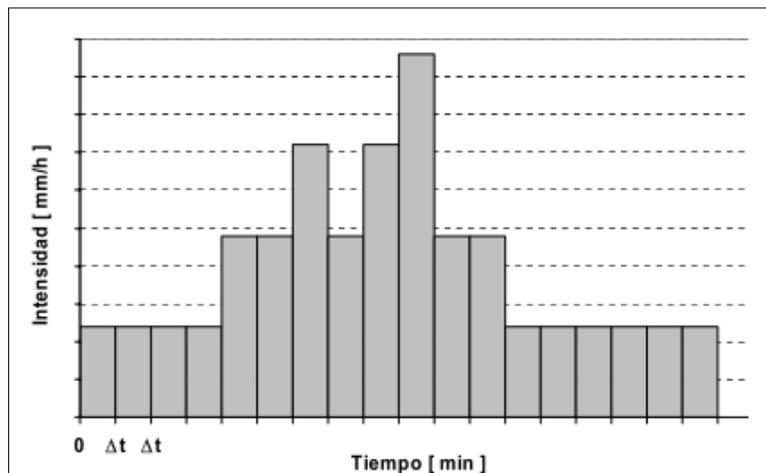


Figura 17. Histograma
Fuente: (39).

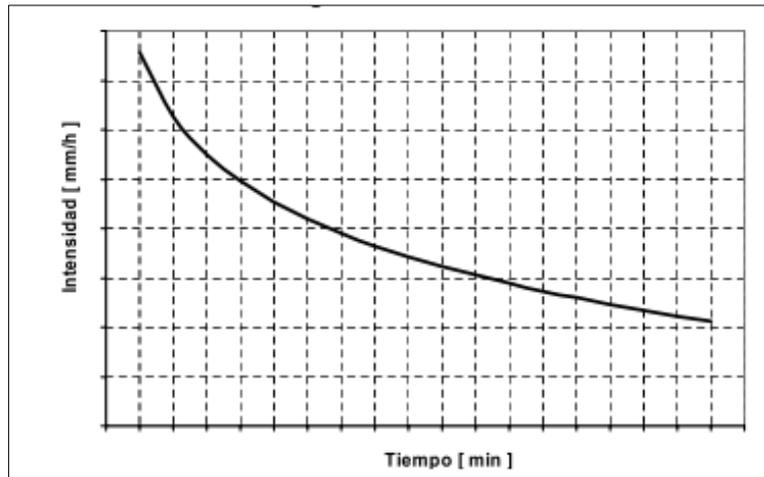


Figura 18. Curvas I-D.
Fuente: (39).

❖ **Curvas de Intensidad y duración (ID)**

A medida que se reduce el intervalo de tiempo, la intensidad máxima expresada en una unidad constante (por ejemplo, mm/h) va creciendo. Esto es evidente para una misma tormenta y aplicable a una serie de ellas registradas por un pluviógrafo en una misma estación (39).

❖ **Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)**

Dependerá de la disponibilidad registros, que incluyen tormentas de diversa magnitud, se pueden trazar curvas intensidad/duración para distintas frecuencias, dando lugar a las curvas conocidas como IDF (39).

El ejemplo de las curvas de IDF permite asimismo generalizar sus resultados mediante la combinación de

sus valores con el análisis de planos de isoyetas de las tormentas registradas en una cuenca o región (figura 19).

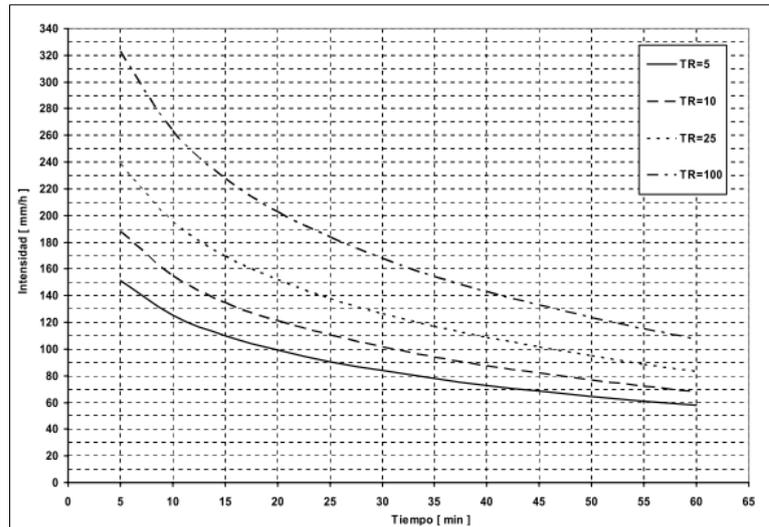


Figura 19. Curva I-D-F- Tormenta de proyecto Mendoza.
Fuente: (39).

Los pasos a seguir la construcción de las curvas de IDF para una estación dada son la siguiente: (39).

- ✓ Se seleccionan todas las precipitaciones intensas producidas durante los años del periodo de que se disponen registro.
- ✓ Se debe conocer, para cada una de ellas, las horas de iniciación, la de finalización y su curva de masa.
- ✓ Un análisis de las intensidades y duración de las tormentas registradas, permitirá determinar la duración tipo o características de las precipitaciones intensas de la región. (para las tormentas registradas en el área de gran Mendoza, la duración característica,

que luego se adopta como duración de las tormentas de proyecto para eventos de magnitud, es del orden de una hora).

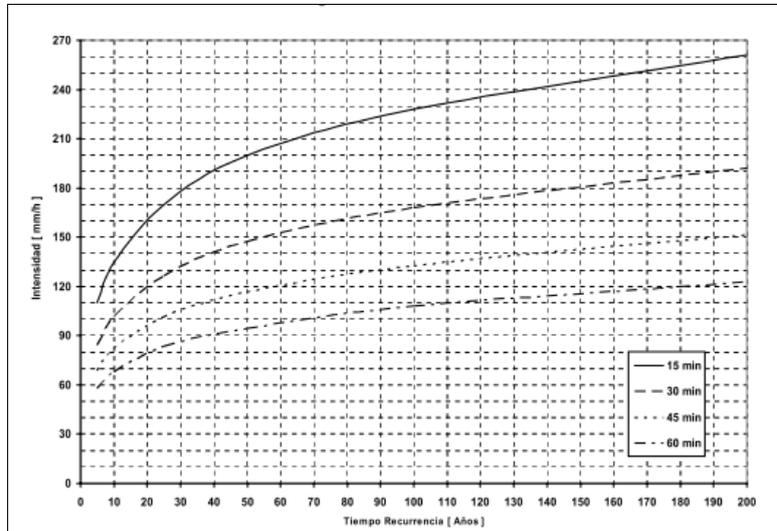


Figura 20. Curva I-D-F.
Fuente: (39).

- ✓ A partir de la curva de masa e cada una de las tormentas registradas según el paso a), se determina la precipitación máxima (en mm.), producida en intervalos crecientes de tiempo, cuyas magnitudes se determinan en función de la duración característica.
- ✓ Por ejemplo, para la duración referida en el punto b), pueden adoptarse como periodos de duración creciente, 5, 10, 20, 30, 60, 90, etc. Para homogeneizar los cálculos se lleva luego cada uno de estos valores a mm/h. Se obtienen así, para cada evento, las intensidades correspondientes a periodos de duración creciente.

- ✓ Se agrupan luego las intensidades expresadas en mm/h resultantes de la consideración de todas las tormentas, por separado para cada uno de los periodos definidos de duración creciente, obteniéndose así, en un cuadro comparativo, para cada duración, la serie de valores registrados de intensidad de precipitación.
- ✓ Independizando estos valores del año de ocurrencia de la tormenta, se obtienen para cada duración, series parciales de lluvias máximas, en mm/h, que se ordenan luego en forma decreciente.
- ✓ Sobre cada una de las series así conformadas, se aplica una ley probabilística de distribución de valores extremo, que permite determinar los valores correspondientes a periodos de recurrencia preestablecidos (200,100,50 años)
- ✓ En función de los tiempos correspondiente a los periodos de duración, creciente (t), de los tiempos de recurrencia adoptado (Tr) y las intensidades horarias obtenidas por calculo según el paso e), se puede trazar las representaciones de IDF.

❖ **Estimación de valores de las variables pluviométricas**

Para el estudio hidrológico de una determinada extensión superficial de terreno, es preciso estimar, a

partir de los daos (más o menos dispares) obtenidos en los puntos de observación de que se dispone, valores que sean aplicables a la zona considerada en su conjunto (39).

A) Fenómenos violentos

Esto ocurre en las tormentas fuertes en invierno puede darse a temperaturas muy por debajo del punto de congelación y producir nevadas intensas y vientos muy fuertes. Algunas ventadas pueden ser desastrosas y comunidades enteras pueden quedar aisladas (39).

Las borrascas invernales fuertes se pueden prever con un grado de exactitud bastante aceptable y, además, se mueven con relativa lentitud. Pero existen otros sistemas borrascosos que son muy difíciles de predecir con exactitud, debido a su rápido desarrollo, su corta duración o, a veces, su pequeña medida. Se trata, por ejemplo, de las tormentas violentas con granizadas, los tornados y los huracanes.

B) Las tormentas

Las tormentas pueden dividirse en dos grupos: tormentas locales y tormentas organizadas. Las tormentas locales tienen una duración corta, de una o dos horas, y están formadas por una o pocas células convectivas que pasan por las tres fases representadas en la figura 21 (39).

En la fase de formación de la tormenta, predominan las corrientes ascendentes, las cuales alcanzan normalmente velocidades de 10 m/s y pueden llegar a los 30 m/s o más. El desprendimiento constante de calor latente es una aportación continua de energía que acelera el movimiento ascendente. Mientras el aire continúa ascendiendo aumentan las dimensiones de la nube, la cual se encuentra aún en estado de cúmulo, con gotitas de agua que están creciendo.

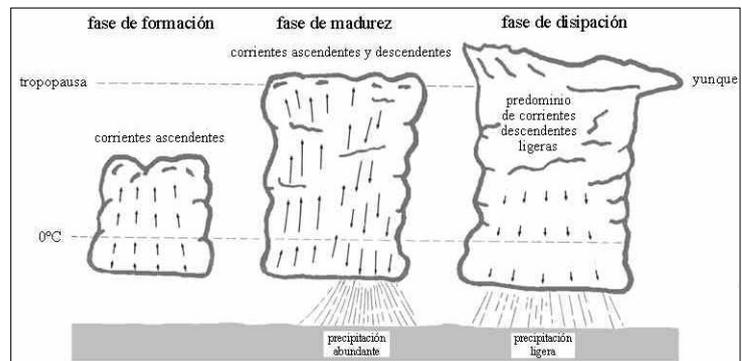


Figura 21. Fases de tormenta.
Fuente: (39).

La figura 22 muestra dos imágenes obtenidas con el radar de Vallirana, donde aparece una célula convectiva de tormenta en dos fases sucesivas.

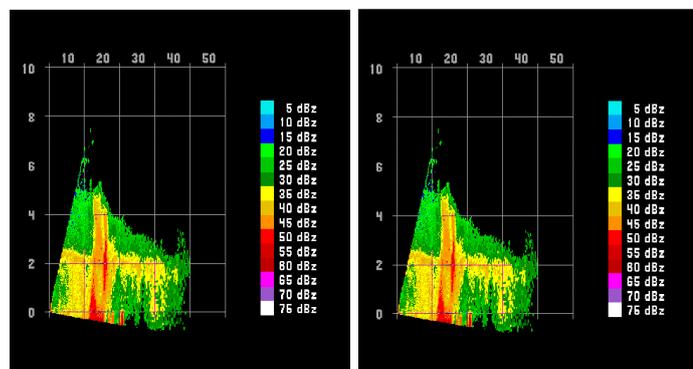


Figura 22. Imágenes obtenidas con la rada de Vallirana.
Fuente: (39).

Perfil vertical de una célula convectiva de tormenta, captado por el radar de Vallirana el día 24 de julio de 1997 a las 17:52 h (izquierda) y a las 18 h (derecha). La reflectividad (dBz) aumenta con el tamaño de las gotas de lluvia. Las imágenes han sido cedidas por Jeroni Lorente (Universidad de Barcelona)

La figura N°23 muestra un modelo de tormenta organizada, propuesto por Browning y Ludlam en el año 1961, formada en una zona en que los vientos del oeste aumentan con la altura. El aire penetra en la borrasca por la parte delantera, asciende y se forman gotitas de nube y de lluvia.

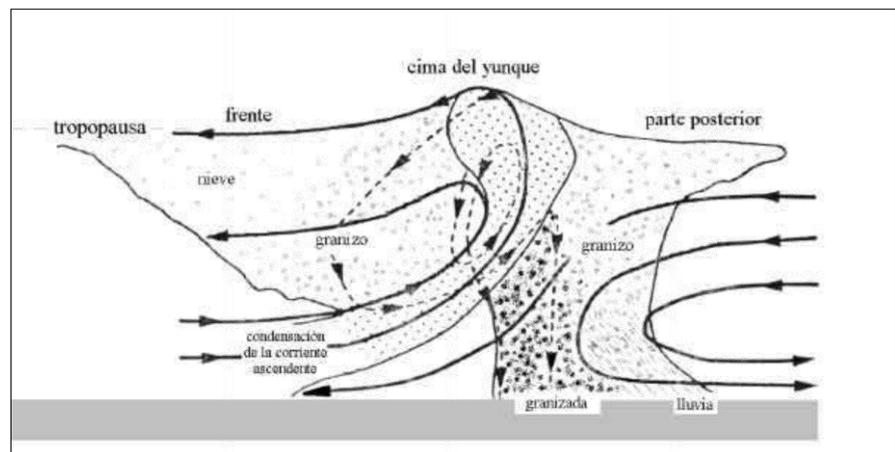


Figura 23. Esquema simplificado del modelo de tormenta organizada, propuesto por Browning y Ludlam (1961). Fuente: (39).

2.2.1.9. Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra, donde crecen las plantas. De él extraen el agua y las sustancias nutritivas que les permiten desarrollarse (42).

El suelo es la base de la agricultura, por ser medio dónde se desarrollan las raíces de las plantas y de dónde ellas toman el agua y el alimento. Está compuesto por partículas minerales, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos, animales pequeños, como por ejemplo insectos, y microorganismos que no se ven a simple vista (43).

2.2.1.9.1. Textura

Es la proporción de las distintas partículas minerales del suelo, clasificadas según su tamaño de grano en tres grupos: arenas, limos y arcillas que posee (las partículas más pequeñas son la arcilla y se clasifican por el USDA como las de diámetros menores de 0,002mm. Le siguen las partículas limo con diámetros entre 0,002 y 0,05 mm. Y las partículas más pequeñas que 2mm, pero mayores que 0,05 mm. son denominadas arena). La textura es un factor muy importante en las características del suelo como la permeabilidad, aireación y la capacidad de retención del agua y de nutrientes. En función del tipo y tamaño de partículas presente en un suelo, la capacidad de adsorción de moléculas polares e iónicas varía considerablemente. Otros efectos dependientes de la textura son la plasticidad y la cohesión (44).

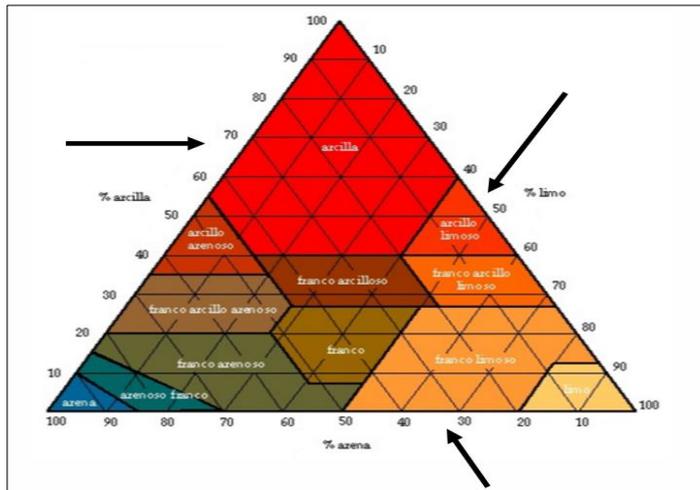


Figura 24. Triángulo textural americano (USDA)
Fuente: (44).

2.2.1.9.2. Estructura

Es la disposición y estado de agregación de las partículas del suelo. Las partículas finas del suelo suelen estar unidas, formando agregados o grumos, en la mayoría de los casos gracias a la acción de la materia orgánica. Los espacios entre estos agregados se llaman poros, por ellos circulan aire y agua (44).

2.2.1.9.3. Tipos

Según su estructura los suelos se clasifican en:

- ✓ Sin estructura
- ✓ Estructura granular; gránulos más o menos esféricos.
- ✓ Laminas; se forman agregados aplanados.

- ✓ Estructura poliédrica; con agregados poliédricos más o menos regulares. Si tiene aspecto de columna se llama columnar.

2.2.1.9.4. Importancia de la porosidad y permeabilidad en la textura y estructura

La textura y estructura influyen en el tamaño de los poros que tenga el suelo y éstas a su vez determinan la permeabilidad. En la textura arcillosa las partículas son tan pequeñas que no dejan huecos produciéndose compactación del terreno (sin poros) y asfixia de las raíces, además de favorecer el encharcamiento (44).

En la textura arenosa las partículas dejan muchos huecos entre ellas siendo un suelo tan permeable que el agua baja en profundidad donde no tiene acceso las raíces (44).

En los suelos sin estructura este es impermeable porque no deja poros y un suelo con estructura es permeable. Los mejores suelos en cuanto a la porosidad y permeabilidad son aquellos con una buena estructura que deje suficientes poros y con textura franca que es equilibrada con poros de todos los tamaños para el agua y el aire (44).

2.2.1.9.5. Descripción de horizontes y capas principales de los suelos.

❖ Horizontes orgánicos (O) de los suelos minerales (45).

Estos horizontes orgánicos podemos encontrarlos en el estrato superficial o a cualquier profundidad debajo de la superficie de los suelos minerales, pero siempre tienen el mismo origen: la deposición en la superficie de los residuos orgánicos de plantas y animales, que luego se van profundizando. Se apoyan siempre sobre el horizonte A1 de suelos no arados o laboreados.

- ✓ Las capas denominadas O son los horizontes orgánicos de los suelos minerales
- ✓ Están formados o en formación en la parte superior de los suelos minerales.
- ✓ Contienen más del 30 % de MO cuando la fracción mineral posea más del 50 % de arcilla.
- ✓ contienen más del 20 % de MO, si la fracción mineral no posee arcilla.
- ✓ Los contenidos intermedios, contienen cantidades proporcionales de MO.

❖ El horizonte A

Poseen las siguientes características principales:

Podemos encontrar o sub-dividir los horizontes A en los siguientes estratos:

- Horizonte A1, la materia orgánica se halla íntimamente mezclada con los minerales y su forma original no es mayormente reconocible. La actividad biológica es máxima en este horizonte superior. Su color es más oscuro en general, que el del resto de los horizontes A y se presenta con mucho espesor en los suelos tipo “chernozem”.
- Horizonte A2 es el más enérgicamente lixiviado, siendo al igual que el A3, horizontes de transición.
- Horizonte A3 de transición, típico de los suelos tipo “podsol”, siendo este último en general, de poca potencia, pudiendo estar incluso ausente.

❖ Horizontes B

Sub-dividiendo los horizontes B, podemos encontrar también otros estratos que observamos en la Figura N° 25 y que poseen las características que observamos más adelante.

- Principales características de los Horizontes B
 - ✓ Concentración iluvial (proveniente en su mayoría del lavado de A o de otras partes del suelo) de

arcillas silicatadas, humus, óxidos hidratados de hierro o aluminio etc., que se pueden encontrar solos o acompañados, que no se hayan formado a partir de la eliminación de carbonatos o de sales solubles.

- ✓ Concentración de residuos de sesquióxidos, que provocan colores más oscuros, más intensos que los de los horizontes sub y suprayacentes a él.

❖ **Horizonte C**

A continuación del horizonte B, podemos encontrar el horizonte C. Es una capa mineral que no comprende el estrato rocoso y que puede ser similar o no, al material del cual presumiblemente se formaron los horizontes A y B. Es un horizonte, además, poco modificado por los diferentes procesos pedogenéticos por encontrarse muy profundo, por lo que, si queda expuesto por alguna razón, los mismos actúan con mayor vigor. Carece de las propiedades diagnósticas de A o B, pero incluye materiales modificados por:

- La meteorización, pues se encuentra fuera de la zona de mayor actividad biológica.
- La cementación reversible por la acumulación de carbonatos de calcio y magnesio.

- El desarrollo de la fragilidad y la alta densidad aparente.
- Las condiciones de gleyzación (reducción).
- La cementación o induración y la acumulación de diversas sustancias, además de las arcillas silicatadas y el hierro.

Es importante destacar que el horizonte C puede no ser el material madre propiamente dicho, sino que simplemente se puede parecer a él. Podrían producirse deposiciones o introducciones de materiales ajenos a la roca fragmentada o consolidada (horizonte R) y que generen los suelos que se encuentren por arriba. Dentro del horizonte C pueden aparecer numerosas capas modificadas. Estas se reconocen mediante el uso de sufijos característicos, por ejemplo: una acumulación de carbonato de calcio (CaCO_3) se designará horizonte CCa. Si la capa así afectada sufre fuerte cementación o induración se agrega el sufijo “m”, por ejemplo, CCam.

❖ **Horizonte R**

A continuación, y siempre profundizando hacia el interior del perfil, podemos encontrar los horizontes R. Con esta letra denominamos el estrato rocoso consolidado subyacente compuesto por granitos, areniscas, calizas,

basaltos etc. (No siempre encontramos la secuencia completa de los horizontes A, B, C, y R en la profundidad del perfil de suelos).

Se denomina R cuando se presume que es la roca madre que dio origen al suelo (pero puede no serlo), suprayacente a él. Puede darse el caso de que exista una discontinuidad litológica y en ese caso se debe usar un número romano correspondiente para denotarlo.

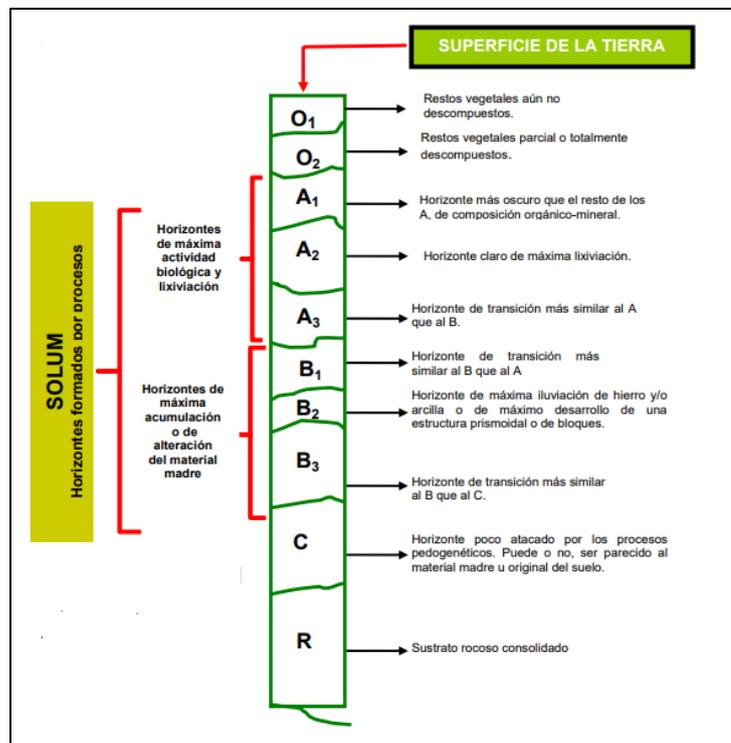


Figura 25. SOLUM- Horizontes formados por procesos. Fuente: (45).

2.2.1.9.6. Densidad del suelo

Son las características de los suelos. Por ejemplo, los suelos arenosos de baja porosidad tienen una mayor densidad (1,59 a 0,84 Mg/m³) que los suelos arcillosos

(1,44 a 1,20 Mg/m^3) los cuales tienen un mayor volumen de espacio de poros. La materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad. La compactación causada por el uso inadecuado de equipos agrícolas, por el tráfico frecuente o pesado o por el pobre manejo del suelo puede aumentar la densidad del suelo de los horizontes superficiales a valores que pueden llegar a 2 Mg/m^3 . La densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación (44).

Cuadro 1.
Densidad aparente en Suelos Cultivados y no Cultivados.

SUELO	TEXTURA	AÑOS DE CULTIVO	Dv (Mg/m^3)	
			CULTIVADO	NO CULTIVADO
6 Ustolls	Franco limoso	80+	1,30	1,10
2 Udufts	Franco arenoso	50+	1,59	0,84
2 Udufts	Franco limoso	50+	1,18	0,78
Xeroll	Franco arcilloso	12	1,34	1,25
3 Ustalfs	Arcilloso	20-50	1,44	1,20
3 Ustalfs	Franco arenoso	20-50	1,54	1,43

Fuente: (44).

2.2.1.10. Erosión

Constituye una pérdida gradual del material que constituye el suelo, al ir siendo arrastradas las partículas (disgregadas, arrancadas y transportadas), a medida que van quedando en superficie (44).

Erosión de suelo, es la degradación, pérdida y transporte de materiales que conforman un suelo por medio de diferentes agentes como son: el agua, viento, hielo, temperatura y el hombre (44).

Degradación del suelo esto significa que es el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (46).

Los suelos agrícolas se vuelven gradualmente menos productiva por razones como; la degradación de la estructura del suelo, disminución de la materia orgánica, pérdida de suelo y pérdida de nutriente (46).

2.2.1.10.1. Factores que hacen que la erosión sea más o menos intensa.

2.2.1.10.1.1. La lluvia

La lluvia en nuestro país es la principal causante de erosión cuando el suelo se “maneja” mal. Las lluvias más fuertes sobre el suelo descubierto, como cuando está preparado para sembrar con laboreo mecánico, son las que originan los mayores arrastres. Unos pocos chaparrones fuertes pueden llevarse muchas toneladas de tierra, junto con las semillas y los fertilizantes lo que hace perder patrimonio natural, dinero y trabajo (44).

2.2.1.10.1.2. El suelo

Como hay distintos tipos de suelo y unos son más frágiles y se erosionan más que otros, es importante

conocer las diferencias entre ellos para manejarlos bien y hacerlos producir sin erosionarlos ni dañarlos.

Esas diferencias principalmente se deben a: (43).

- ✓ El tamaño y cantidad de las partículas que lo forman (textura del suelo) o sea la arena, el limo y la arcilla; según la proporción de esas partículas (o fracciones) en cada caso, los suelos serán livianos (con mucha arena) o pesados (con mucha arcilla); los suelos intermedios tienen proporciones similares de arena, arcilla y limo se llaman “francos” o de texturas medias.
- ✓ Las fuerzas de unión entre esas partículas (formando bloques, terrones chicos, grandes, etc.) o sea la estructura y consistencia.
- ✓ El espesor, color y otras características de las distintas capas (“horizontes”).
- ✓ La mayor o menor facilidad o rapidez con que el agua penetra y atraviesa el suelo (infiltración, porosidad). Estas características se combinan y determinan los diferentes tipos de suelo, así como su diferente susceptibilidad o riesgo de erosión.

2.2.1.10.1.3. La pendiente del terreno

El agua que corre por el suelo tendrá distinta velocidad según sea la inclinación y largo de la pendiente del terreno y según la vegetación que lo cubra (43).

En zonas aplanadas el agua corre lentamente y el riesgo de erosión es bajo.

En zonas con pendientes pronunciadas el agua corre a más velocidad. Los daños por erosión pueden ser grandes. Cuanto más larga es la pendiente y más pronunciada mayor será el daño.



Figura 26. Reflectividad en el suelo, agua.
Fuente: (43)

2.2.1.10.1.4. La vegetación y el uso del suelo

Un suelo con cobertura vegetal, está protegido del impacto (choque) de las gotas de lluvia sobre él. Además, las plantas también disminuyen la velocidad de escurrimiento de agua sobre la superficie. Según el uso que se le dé al suelo, las pérdidas por erosión serán diferentes (43).

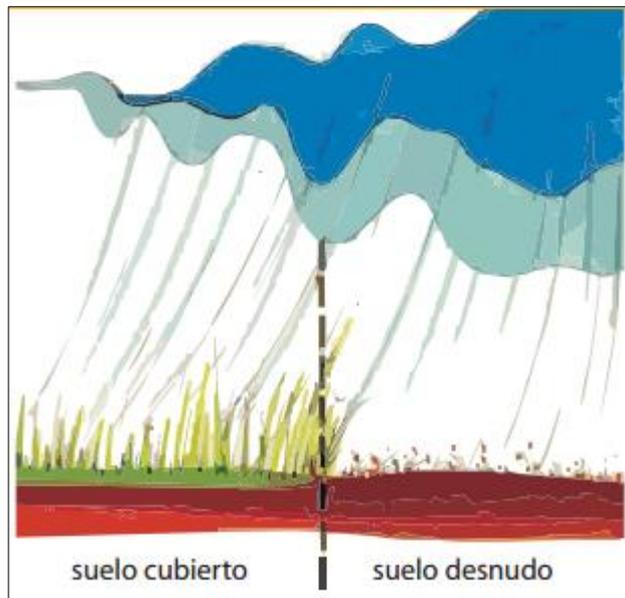


Figura 27. Vegetación
Fuente: (43).

2.2.1.10.2. Erosión Hídrica Superficial

La erosión hídrica constituye uno de los principales procesos de pérdida de suelo y representa una de las formas más completas de degradación, englobando tanto la degradación física del suelo como la química y la biológica.

Este tipo de erosión como el proceso de disgregación de las partículas del suelo por la acción del agua, el cual culmina con el depósito de los materiales transportados por la corriente en áreas de sedimentación, cuando la capacidad de arrastre de las aguas se reduce hasta el punto de no permitir la continuación en el flujo de las partículas terrosas previamente incorporadas al mismo (43).

2.2.1.11. Tipo de Proceso Erosivo.

2.2.1.11.1. Erosión por salpicadura y erosión laminar

Este tipo también es llamado erosión hídrica esta ocurre cuando las gotas de lluvia impactan la superficie con una energía suficiente para desplazar partículas de material sin consolidar, dando lugar al proceso denominado erosión por salpicadura (46).

La duración, intensidad y frecuencia de las precipitaciones, logran la remoción de capas delgadas y uniformes de suelo sobre toda el área, produciendo lo que se denomina como erosión laminar. la erosión laminar y se puede identificar mediante los siguientes síntomas:

- ✓ Presencia de montículos en el suelo
- ✓ Plantas con su sistema radicular al descubierto

- ✓ Invasión de especies vegetales específicas de suelos degradados

2.2.1.11.2. Erosión por surcos o en regueros

Esto ocurre producto ha de pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar surcos (46).

Los surcos corresponden a canales miniatura, que son el resultado de la remoción de aproximadamente 10 a 50 cm. de suelo por acción de la escorrentía, la que transporta material erosionado hacia canales o riberas. Estos autores señalan, además, que el accionar constante del agua a través de estos canales, podría producir barrancos o cárcavas.

2.2.1.11.3. Erosión en barrancos o cárcavas

Este tipo de erosión es por remoción de suelo o de pequeñas piedras, por acción del agua, que forma depresiones mucho más grandes que los surcos, los que usualmente transportan material durante o inmediatamente después de ocurrida la tormenta (46).

Al comparar estas depresiones con los cauces permanentes, relativamente llanos y cóncavos en su perfil

las cárcavas se caracterizan por tener cabeceras y saltos a lo largo de su curso. Además, poseen una mayor profundidad, menor anchura que los cauces estables y transportan más cantidad de sedimentos.

2.2.1.11.4. Erosión en bancos aluviales

La erosión en bancos aluviales se produce a partir de los procesos erosivos que se generan en el lecho de los barrancos o cárcavas, haciéndolos más profundos, favoreciendo con esto que el material de las riberas se vuelva inestable y se comience a desprender material desde las zonas altas. El mismo este tipo de erosión provoca que las vías fluviales ondulen, debido a la acumulación de suelo erosionado en el lecho (46).

2.2.2. Metodologías existentes

2.2.2.1. Método: teledetección

La teledetección es una técnica que permite adquirir imágenes como de la superficie terrestre desde sensores aéreos o espaciales, estamos asumiendo que entre el suelo y sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de la haz energético artificial, ya por emisión propia, a su vez, es preciso que ese haz energético recibido por el sensor sea almacenado convenientemente, bien a bordo del satélite, bien en las estaciones receptoras, de cara a que pueda interpretarse para una determinada aplicación (40).

2.2.2.2. Plataformas de teledetección espacial

Históricamente el film fotográfico sobre plataformas aéreas, fue el sensor remoto por excelencia, es así que hasta 1946 la percepción remota se efectuaba fundamentalmente desde aviones o globos; pero a través de misiones espaciales como el Apolo 9 que realizó la primera experiencia de fotografía orbital multispectral para el estudio de recursos terrestres, este tipo de experiencias fueron continuadas en posteriores misiones y en 1972 EE.UU. lanzó el primer satélite de la ERTS (Earth Resources Technology Satellites) denominada LANDSAT, de la cual aún permanecen operativos el LANDSAT-5 y el LANDSAT-7 (Martínez, 2005) (41).

En Francia, con la participación de Suecia y Bélgica, lanzó en 1986 el primer satélite de la serie SPOT (Systeme Pour l' Observation de la Terre); también existen otros sistemas satelitales destinados sobre todo a estudios meteorológicos y ambientales como por ejemplo los de la serie NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y los meteorológicos geoestacionarios como los de la serie GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) (Martínez, 2005) (40).

Cuadro 2.
Principales satelitales utilizados en percepción remota.

Satélites	Cobertura (Km.)	Resolución (metros)	Periodo (días)	Bandas Espectrales
SPOT	60x60	20	26	4
NOAA	3000x3000	1100-5000	0,5	5
LANDSAT-MSS	180x180	80	16	5
LANDSAT-TM	180x180	30	16	7

Fuente: (40).

2.2.2.3. Satélite LANDSAT

Los primeros satélites de la serie tenían un equipo de barrido multiespectral que dio origen a las imágenes LANDSAT MSS, disponibles desde el año 1972, tienen 5 bandas y una resolución espacial de 79 m. Los últimos satélites de esta generación incorporaron un nuevo explorador de barrido denominado Thematic Mapper que dio origen a las imágenes LANDSAT TM, que poseen 7 bandas y una resolución espacial para 6 de ellas de 30 m. Las imágenes TM, tienen por lo tanto un tamaño de un píxel de 30 X 30 m. (41).

Los satélites giran a una altura aproximada de 900 km. El satélite vuelve sobre el mismo lugar de la tierra cada 16 días, como existen 2 plataformas con órbitas intercaladas, cada 8 días hay una imagen de la misma área. Ambas imágenes cubren una superficie de 180 Km. por lado (Reuter, 2002).

Cuadro 3.

Comparativo ilustra las diferencias de resolución entre el sensor TM del LANDSAT 5 y el sensor ETM+ del LANDSAT 7.

Plataforma Sensor	Resolución Espectral (μ)	Resolución espacial (m.)	Resolución temporal (Días)	Resolución Radiométrica (Bits)	Área de cobertura (Km.)
LANDSAT-5 TM Thematic Mapper	B1: 0.45 - 0.52 (visible-azul)	30	16	8	185 X 170
	B2: 0.52 - 0.60 (visible-verde)	30			
	B3: 0.63 - 0.69 (visible-rojo)	30			
	B4: 0.76 - 0.90 (IR cercano)	30			
	B5: 1.55 - 1.75 (IR medio)	30			
	B6: 10.4 - 12.5 (IR térmico)	120			

	B7: 2.08 - 2.35 (IR medio)	30			
LANDSAT-7 ETM Spectral Bands	B1: 0.45 - 0.51 (visible-azul)	30	16	8	185
	B2: 0.52 - 0.60 (visible-verde)	30			
	B3: 0.63 - 0.69 (visible-rojo)	30			
	B4: 0.77 - 0.90 (IR cercano)	30			
	B5: 1.55 - 1.75 (IR medio)	30			
	B6: 10.40 - 12.50 (IR térmico)	60			
	B7: 2.09 - 2.35 (IR medio)	30			
	B8: 0.52 - 0.90 (Pancromática)	15			

Fuente: (41).

2.2.2.4. Aplicación de la teledetección

Según Rodríguez (2005) nos dice que las aplicaciones de la teledetección se multiplican cada año debido a los factores de mejora de imagen (en todos sus componentes) y de tratamiento (en su rapidez de cálculo y de desarrollo de modelos). las principales aplicaciones de la teledetección son: (41).

- ✓ Estudio de la Erosión de playas y arenales.

Inventario regional del medio ambiente para preparar estudio de impactos ambientales.

- Cartografía geológica para la exploración petrolífera.
- Cartografía de nuevos depósitos volcánicos.

- ✓ Control de la acumulación de nivel de la fusión y de los cambios previsibles de la energía hidroeléctrica.

- Control del movimiento de iceberg en zonas polares.
- Estimación de modelos de escorrentía y erosión.

- Inventarios de agua superficial.
- ✓ Análisis en tiempo real de masas nubosas de escala media y pequeña.
- ✓ Medidas de aguas superficiales y humedales para evaluar la situación del hábitat para aves acuáticas.
- ✓ Verificación de contenidos de salinidad en las corrientes de agua.
- ✓ Cartografía térmica de la superficie.

2.2.2.5. Ventajas de la teledetección

La teledetección no solo reduce el tiempo invertido en los trabajos de investigación, sino los costos, entre otras ventajas ofrecidas están: (41).

- ✓ Cobertura total de la superficie terrestre de donde se obtienen imágenes de áreas inaccesibles.
- ✓ Visión panorámica.
- ✓ Homogeneidad de la toma de datos.
- ✓ Información de regiones no visibles en el espectro, infrarrojo medio, térmico, microondas.
- ✓ Formato digital de las imágenes
- ✓ Las imágenes de satélite tienen la ventaja de que abarcan una zona mucho más amplia que las imágenes aéreas

- ✓ Gran resolución espacial, radiométrica, espectral y gran periodicidad.

2.2.2.6. Índices de vegetación

Rodríguez (2005), nos dice que para estudios de la cobertura vegetal se ha identificado varias técnicas que permiten tener datos cualitativos y cuantitativos del estado de la vegetación. Los índices de vegetación son técnicas que transforman las imágenes originales reduciendo directamente en cada pixel el número de sus bandas a un solo dato de información. Básicamente estos índices se fundamentan en el fuerte contraste existente entre la reflectancia expresada en rango de valores de menor a mayor. En las plantas con actividad fotosintética, las moléculas de clorofila responsables de esta función absorben la luz roja, por lo tanto, reflejan elementos como nubes, nieve, agua, zonas de suelo sin cobertura y rocas, mientras que las células de las hojas en un estado de turgencia normal reflejan la mayor parte de la radiación infrarroja que reciben (41).

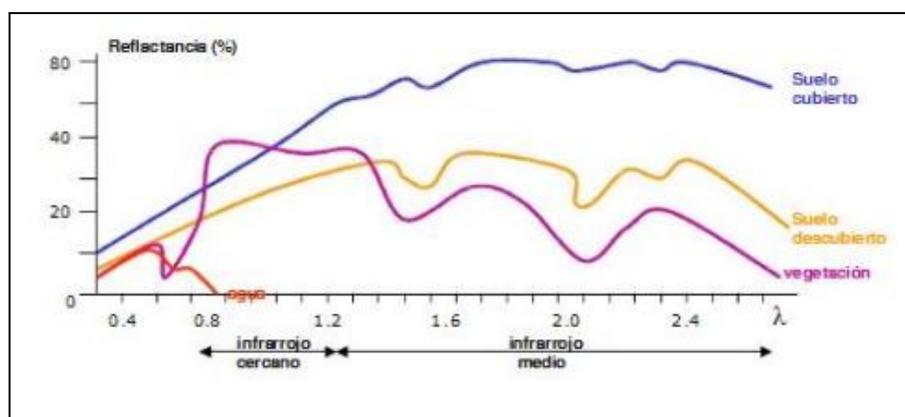


Figura 28. Reflectividad en el suelos, agua y vegetación
Fuente: (41).

La teledetección o detección a distancia se basa en el registro de la radiación electromagnética utilizando sensores remotos de diferentes tipos que no están en contacto físico con los objetos que emiten la energía (Cámaras fotográficas, escáneres, sistemas de radar, etc.), y que son portados por diferentes vehículos de navegación aérea, unos ubicados en la atmósfera (Globos, aviones, helicópteros...) y otros fuera de la misma (Satélites, estaciones orbitales, naves espaciales...) (47).

En el proceso de reconocimiento a distancia intervienen los siguientes componentes: La Energía, cuya fuente principal proviene del sol, si bien en la actualidad hay una cierta variedad de tipos de energía producida artificialmente en la tierra, sin que existan diferencias físicas significativas entre la energía natural y artificial; los elementos de la superficie terrestre (Suelo, agua, vegetación, construcciones...) y de la atmósfera, a los que llega la energía y que la reflejan o absorben y emiten de acuerdo con sus características físicas; los sistemas sensores, instalados a bordo de los vehículos o plataformas aéreas, que captan la energía proveniente de la cobertura terrestre y la almacenan de diversas formas; finalmente, los sistemas de recepción de la información. Una vez se desarrolla la fase de obtención de la información, es complementada con una segunda dedicada al análisis de la misma, un análisis a través del cual se obtiene la información buscada y en el que se empleó un análisis visual de las imágenes las más recientes para el tratamiento informativo de los datos; en esta segunda fase también se realizó

salidas de campo para aclarar aquellos aspectos que no pueden ser resueltos únicamente a través del análisis de las fotografías aéreas (47).

En un sistema de teledetección espacial incluye los siguientes elementos Figura 29.

- 1.- Fuente de energía, que supone el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor. Puede tratarse de un foco externo a éste, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por el sensor (teledetección activa). La fuente de energía más importantes, obviamente, es el sol, pero también puede realizarse teledetección a partir de la energía emitida por los mismos objetivos observados, o desde fuentes artificiales.
- 2.- Cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que reciben la señal energética procedente de (1), y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.
- 3.- Sistema de sensor, compuesto por el sensor, propiamente dicho, y la plataforma que lo alberga. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarlas y grabarlas o enviarlas directamente al sistema de recepción.
- 4.- Sistema de recepción-comercialización, en donde se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en formato

apropiado, y, tras las oportunidades correcciones, se distribuye a los interesados.

5.- Interprete, que convierte esos datos en información temática de interés ya que sea visual o digitalmente, de cara a facilitar la evaluación de los problemas en estudio.

6.- Usuario final encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como de dictaminar sobre las consecuencias que de él se deriven.

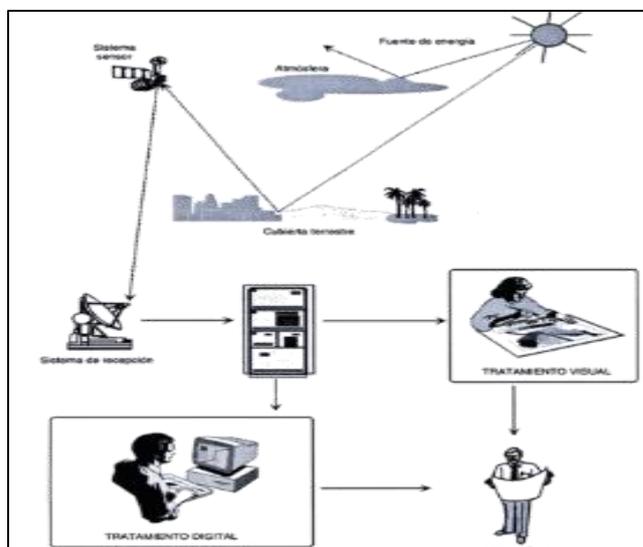


Figura 29. Elementos de un sistema de teledetección
Fuente: (47).

2.2.2.7. Metodología propuesta: Determinación niveles de erosión de suelos agrícolas por precipitaciones extremas.

A. Cálculo de estimación de erosión de suelos a partir del método Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos (USLE).

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE, fue desarrollada por Wischmeier (1978). Esa metodología es usada para la estimación de la erosión laminar en parcelas pequeñas. Luego de varias modificaciones la ecuación se presenta como una

metodología de gran utilidad en la planificación de obras de conservación de suelos (48).

Esta metodología USLE (Wischmeier, 1978) se ha considerado hasta el momento la más idónea para el cálculo de las pérdidas de suelo en tierras agrícolas; por ello, se ha utilizado esta metodología como una guía para la evaluación de acciones en manejo de cuencas, en especial aquellas que conllevan a un cambio del uso de la tierra y manejo de suelos.

De acuerdo a la USLE, la tasa de pérdidas de suelo por erosión hídrica, **T**, es una función de: el poder erosivo de la lluvia, **R**, la erodabilidad de los suelos, **K**, la cobertura vegetal, **C**, la práctica conservacionista, **P** y el factor combinado de la pendiente y la longitud de la misma, **LS**; todos estos factores conforman la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, USLE, la cual se expresa como: (48).

$$T = RKCLP/LS$$

Se identifica; **R** no puede ser modificado, **K** depende fuertemente de la textura de los suelos, la cual no puede ser fácilmente mejorada. De esa manera, sólo **C**, **P**, y **LS** pueden ser cambiados. Las prácticas agronómicas comunes, pueden utilizarse para modificar la cobertura vegetal, y consecuentemente **C**, mediante manejo de desechos y mejoramiento de los sistemas de siembra. El factor **P** puede ser cambiado por prácticas agronómicas, como las barreras vegetativas, o con obras de

conservación de suelos como terrazas, zanjas o acequias de ladera. La modificación del factor **P** está íntimamente ligado a la reducción de la longitud de pendiente, **L**. Por último, la pendiente, **S**, sólo puede ser modificada mediante obras de conformación del terreno, tales como terrazas. Para el diseño de cualquier práctica, es necesario determinar o establecer un límite de pérdidas de suelo permisibles; esto último depende principalmente de la profundidad de los suelos. En suelos normales, el límite máximo es del orden de las 6 Toneladas por hectárea, para suelos muy superficiales, las pérdidas tolerables pueden reducirse hasta valores de 2 T/Ha. (48).

❖ **Factor R o factor de erosividad de la lluvia**

Este factor representa la capacidad de la lluvia para producir erosión. Se calcula en base a la energía cinética de la precipitación, que es en definitiva la energía capaz de desagregar el suelo en las partículas individuales que posteriormente serán transportadas por la salpicadura o por la escorrentía.

De forma similar a otras variables representativas del clima de una zona (como la cantidad de lluvia), el valor del factor R es anual y se determina por suma de los valores R_i de cada una de las precipitaciones ocurridas en la zona durante el año. El cálculo de R_i se realiza a partir de la energía e intensidad de las precipitaciones de la zona: (48).

$R = R_i$, siendo $i = N^\circ$ de tormentas ocurridas en un año

$R_i = EI_{30}$ siendo

$R =$ factor erosividad

$E =$ energía cinética de la tormenta

$I_{30} =$ intensidad máxima registrada durante un intervalo de lluvia de una duración de 30.

$E = f(I)$ (ecuación de carácter empírico), donde E es la energía cinética de la lluvia

I es la intensidad de la precipitación (mm/h)

El factor R calculado de esta forma responde a las características físicas de la lluvia: a mayor tamaño de gota mayor masa y mayor velocidad de caída; a mayor masa y velocidad, mayor energía cinética de impacto; a mayor energía cinética de impacto mayor desagregación; y, finalmente, a mayor desagregación más pérdidas de suelo.

Para determinar el factor R de una zona es imprescindible conocer la intensidad de las tormentas que allí se producen, información registrada en la banda de un pluviógrafo o del hietograma de la tormenta (figura 30).

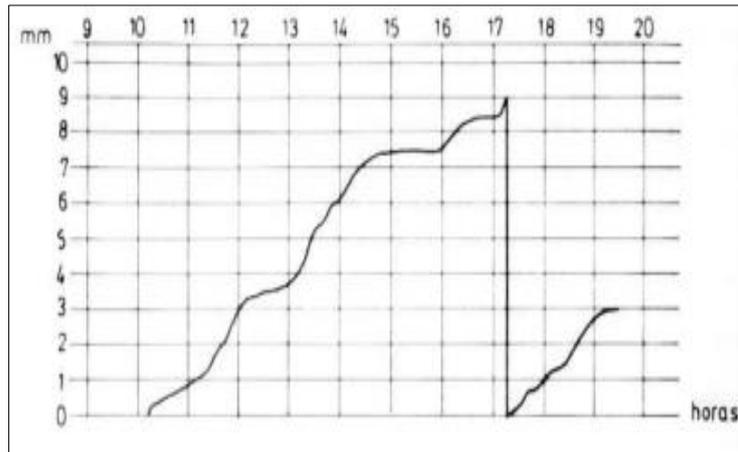


Figura 30. Banda de registro de la cantidad de lluvia precipitada.
Fuente: (48).

❖ Estimación del factor K.

El factor K expresa la susceptibilidad del suelo a sufrir pérdidas de suelo por erosión; es por tanto función de características edáficas tales como textura, estructura, estabilidad de agregados, pedregosidad superficial, etc.

El valor de K de la USLE se obtiene por medición directa en campo durante un año de las pérdidas ocasionadas por las lluvias en las condiciones normalizadas establecidas para las parcelas tipo USLE, indicando su valor las pérdidas anuales medias de suelo por unidad del factor R. En la práctica, para las estimas de gabinete su valor se determina a partir de un nomograma desarrollado por Wischmeier y Smith a partir de datos experimentales (Figura 3) (49).

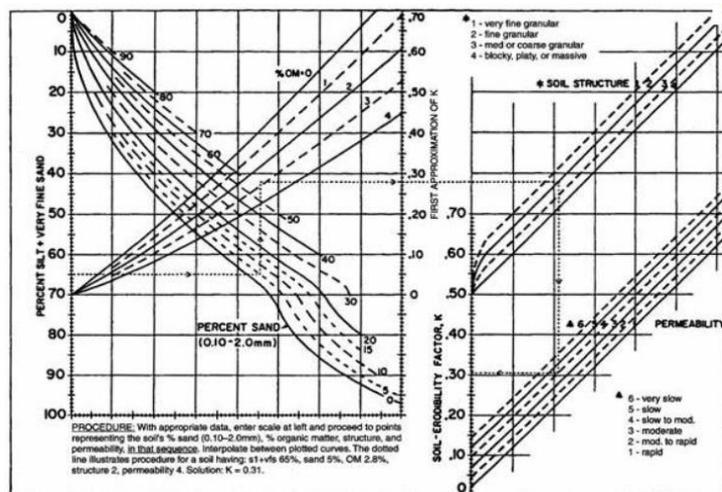


Figura 31. Nomograma para la asignación del factor K, de Wischmeier y Smith
Fuente: (48).

❖ Factor topográfico LS.

Este factor combina el efecto de la pendiente, S, con la longitud de flujo, L, en un factor topográfico, LS, esta es calculada mediante la siguiente ecuación(49):

$$LS = (1/22.13)^m (65.41 \text{ sen}^2 \alpha + 4.45 \text{ sen } \alpha + 0.065)$$

En donde:

l = longitud de la pendiente en metros

α = ángulo de la pendiente

m = 0.5 para pendientes iguales o mayores de 5%

0.4 para pendientes entre 3.5 y 4.5 %

0.3 para pendientes entre 1.0 y 3.0

0.2 para pendientes uniformes menores de 1%.

❖ Factor C o factor vegetación

Nro. línea	Cultivo, alternativa, manejo (1)	Productividad (2)		Porcentaje de pérdida de suelo para cada periodo de cultivo (3)						
		Paja t ha ⁻¹	Grano m ³ ha ⁻¹	0	1	2	3(4)	4		
								L	R	L+WC
MAÍZ EN ROTACIÓN										
1^{er} año maíz después gram.-leg. forraje										
1	Primavera TP cultivo normal	7-11	2,6 +	8	25	17	10	15	35	10
2	Primavera TP cultivo normal	4-7	2,6 +	10	28	19	12	18	40	11
3	Primavera TP cultivo normal	4-7	2,1-2,5	12	29	23	14	20	43	13
4	Primavera TP cultivo normal	2-4	2,1-2,5	15	30	27	15	22	45	13
5	Primavera TP cultivo normal	2-4	1,4-2,0	15	32	30	19	30	50	15
6	Primavera TP cultivo normal	2—	1,4-2,0	23	40	38	25	35	60	18
7	Primavera TP cultivo normal	2—	0,7-1,3	23	40	43	30	45	65	23
8	Primavera TP cultivo mínimo	7-11	2,6 +	8	8	6		15	35	10
9	Primavera TP cultivo mínimo	4-7	2,6 +	10	10	7		18	40	10
10	Primavera TP cultivo mínimo	4-7	2,1-2,5	12	12	8		20	43	13
11	Primavera TP cultivo mínimo	2-4	2,1-2,5	15	15	9		22	45	13
12	Primavera TP cultivo mínimo	2-4	1,4-2,0	15	15	11		30	50	15
2^o año maíz después gram.-leg. forraje										
13	RDL, Prim TP cultivo normal	7-11	2,6 +	25	48	37	20	40		14
14	RDL, Prim TP cultivo normal	4-7	2,6 +	32	51	41	22	26		15
15	RDL, Prim TP cultivo normal	4-7	2,1-2,5	35	54	45	24	28		15
16	RDL, Prim TP cultivo normal	2-4	1,4-2,0	42	53	49	28	42		21
17	RDL, Prim TP cultivo normal	2—	1,4-2,0	46	62	54	30	50		25
18	RDL, Prim TP cultivo normal	2—	0,7-1,3	55	66	60	35	65		33

Figura 32. Ejemplo de asignación de factor C.

Fuente: (49).

Según Wischmeier y Smith para el factor C es necesario conocer las prácticas agronómicas de los cultivos de la zona, el grado de protección ejercido por la vegetación puede variar a lo largo del año en función del ciclo vegetativo y de las labores agrícolas; así, por ejemplo, la cobertura del suelo difiere notablemente a lo largo de un año si las plantas pierden la hoja en alguna época del año, o si el ciclo vegetativo es muy corto y el agricultor sustituye un cultivo por otro (49).

❖ Factor de práctica conservacionista P.

Este factor de práctica conservacionista, P, refleja el efecto de las prácticas de conservación de suelos que tienden a modificar la topografía, tales como: terrazas, cultivo en franjas y curvas de nivel (50).

Los pasos seguidos para el cálculo de la erosión según (R) USLE; se presentan en forma esquemática en la figura 33.

Las coberturas sobre erosión, calculadas, se compararon entre sí mediante operaciones lógicas y aritméticas. Obteniéndose como resultado los sitios (Y magnitud) donde l erosión incremento, decreció o se mantuvo constante (51).

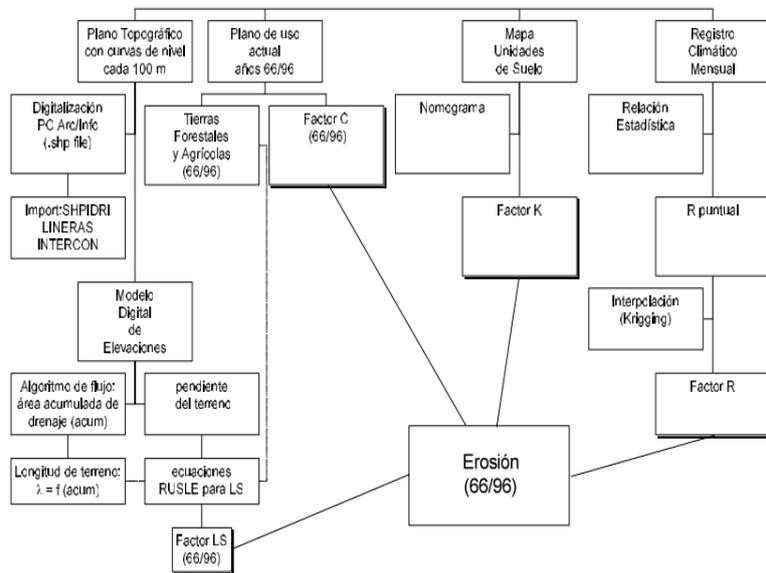


Figura 33. Esquema del modelaje cartográfico.
Fuente: (51)

2.2.2.8. Método de clavos o estacas

La medición de erosión y sedimentos por el método de clavos

Según Pizarro y Cuitiño, 2002 este método nos permite establecer un balance entre pérdidas y entradas de suelo y alcanzar una mejor estimación de los procesos erosivos, señalan que si existen procesos de erosión (E) y sedimentación (S), entonces es posible establecer un nuevo concepto, llamado erosión neta (En), que se

entiende como la diferencia entre ambos procesos, es decir, $E_n = E - S$; por tanto, si el valor de E_n es positivo, entonces se advierte que hubo un predominio de la erosión sobre la sedimentación; y si es negativo, es la sedimentación la que prevaleció sobre la erosión. Asimismo, es importante agregar el concepto de suelo movilizado, SM , entendido como el total de suelo que se movilizó sobre la superficie, y que corresponde a la suma de los procesos de erosión y sedimentación, es decir, $SM = E + S$ (42).

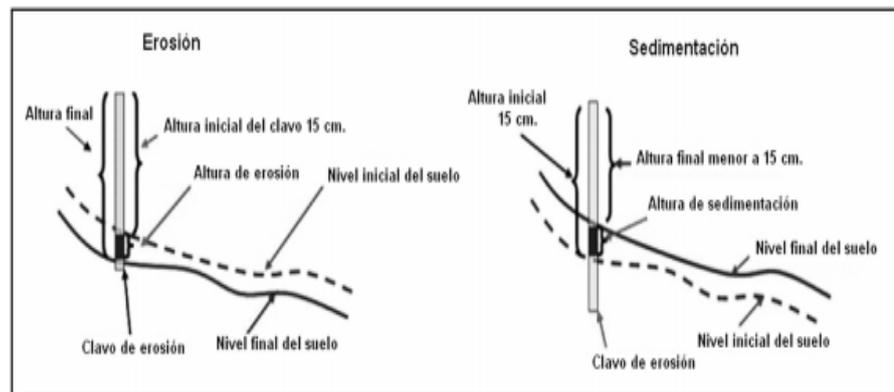


Figura 34. Forma de medición de la altura de erosión y la altura de sedimentación.

Fuente: (42)

En el emplazamiento del experimento en cada parcela, éste consta de clavos de unos 30 cm de largo, los cuales se instalan verticalmente en cada sitio, siendo el número de éstos función del grado de exactitud que se quiera lograr. Para una mayor precisión, lo recomendable es que cada parcela posea dos repeticiones en el lugar, lo que da un total de tres parcelas en cada área en estudio. Por otra parte, los clavos se instalan sobre suelo desnudo, debido a que la existencia de vegetación hace muy difícil la medición, y ello es aún más importante, si se considera que las mediciones se hacen con un

diferencial de un tercio de milímetro. Por tanto, estas parcelas son muy adecuadas para zonas áridas y semiáridas y no son recomendables para zonas húmedas en donde existe abundancia de vegetación. Si se visualiza presencia de vegetación, es necesario eliminarla. De esta manera, la estimación de erosión que se hace por estas parcelas, es la máxima o potencial para cada situación, dado que la presencia de vegetación reduciría la escorrentía sólida (42).

2.2.2.9. Método de hidrómetro

Este método consiste en dejar sedimentar una muestra de suelo en un medio líquido durante un determinado tiempo, al cabo del cual se cuantifica la cantidad de partículas de un determinado tamaño que hay en suspensión; la medida de las partículas en suspensión se hace directamente en el líquido, por medio de un hidrómetro (que es un densímetro), o muestreando aquella con una pipeta y cuantificando, posteriormente, la cantidad de material extraído.

La textura del suelo, para los fines prácticos normales, se determina por el método del hidrómetro o de Bouyoucos, el cual consiste en determinar los porcentajes en que se encuentran los diferentes separados del suelo, de acuerdo con el peso de una muestra seca del mismo; este método se fundamenta en la Ley de Stokes, la cual establece que la velocidad de caída de las partículas pequeñas, en un medio líquido, es directamente proporcional a su tamaño, según la siguiente relación: (52).

$$V = \frac{2(Dr - w) g r^2}{9\vartheta}$$

Donde:

V: Velocidad de caída: cm s^{-1}

Dr: Densidad de partículas: g cm^{-3}

W: Densidad del líquido: g cm^{-3}

g: Aceleración de la gravedad: cm S^{-2}

ϑ : Viscosidad del líquido: $\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$

2.2.2.10. Método del Cilindro

La densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea (53).

El método del cilindro es el más conocido y aceptado. Se aplica en la mayoría de los suelos agrícolas que presentan poca o ninguna pedregosidad interna y/o que no son sueltos. Además, en suelos que no presentan abundante cantidad de raíces gruesas, como en el caso de suelos bajo bosques bien desarrollados. Las condiciones mencionadas anteriormente impiden, o por lo menos dificultan, la introducción del cilindro y la extracción de la muestra completa del suelo.

Las fórmulas necesarias para esta determinación son:

$$Da = \frac{Pss}{Vc}$$

Donde:

Da: Densidad aparente: $Mg\ m^3$

Pss: Peso del suelo seco en el horno: Pt- Pc: g.

Vc: Volumen del cilindro: cm^3

$$Vc = \frac{d^2 h}{4} r^2 h \text{ (r: radio)}$$

2.2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

2.2.3.1. Técnica de la investigación

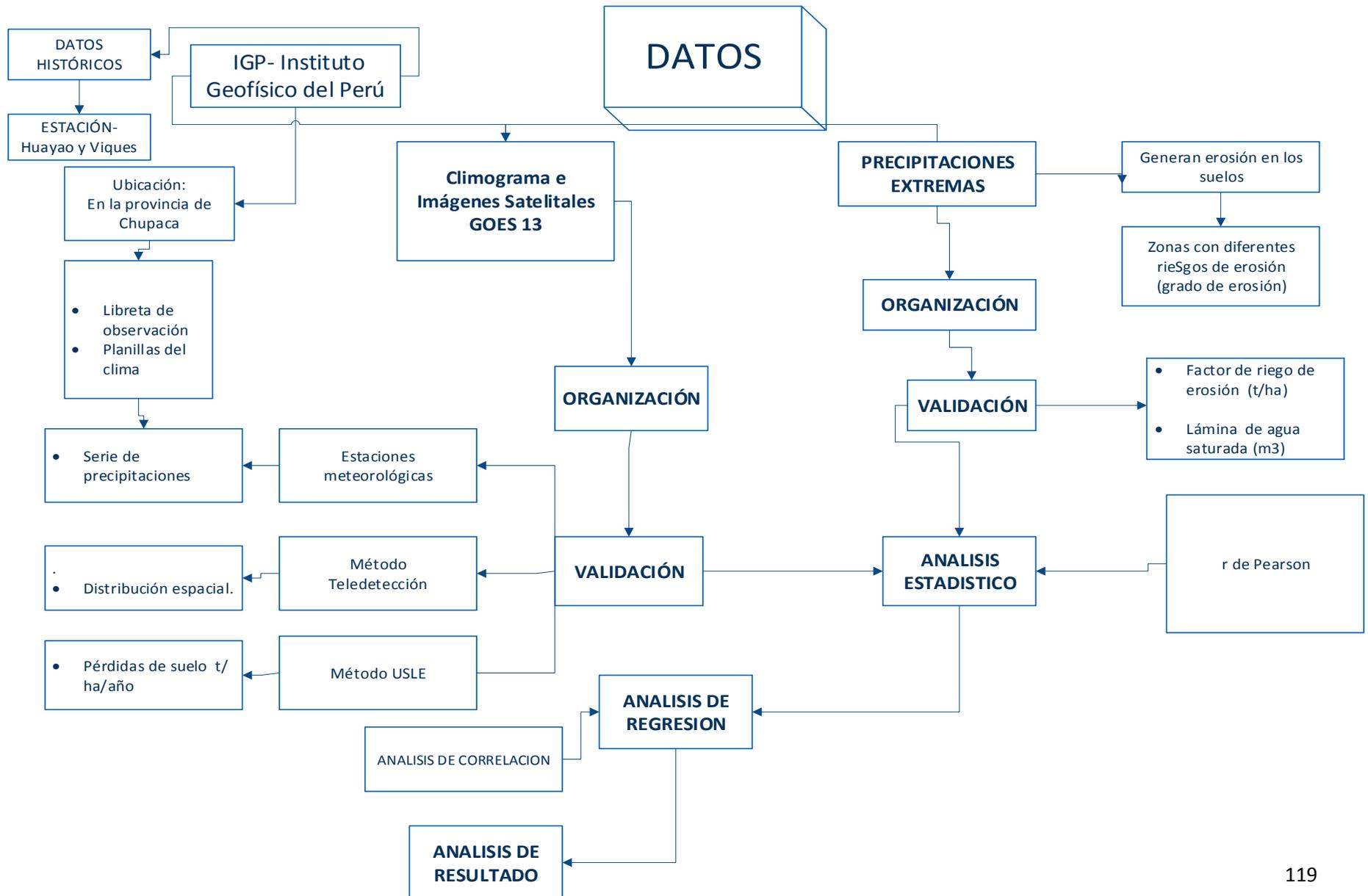
Dichos instrumentos de la investigación son las siguientes: imágenes satelitales, climogramas, cuaderno de campo y planillas del clima.

El instrumento cuaderno de campo fue para la descripción de la zona de estudio, monitoreo de mediciones de las parcelas, anotaciones de los puntos de recolección de muestras de suelos para la identificación del tipo de suelo y condiciones ambientales.

Las imágenes satelitales son obtenidas a partir del satélite GOES 13, en formato T realizada (combinación 6, 5 y 4) dicho instrumento permitir distinguir la cobertura de la precipitación extrema y así mismo se utilizó los datos históricos de las estaciones de Huayao y Viques de la provincia de Chupaca, los climogramas de

dichas estaciones se evaluaron los valores de precipitación mm/h, temperaturas mensuales durante el año 2016.

2.2.4. Diseño de modelo teórico conceptual



2.3. Definición de términos

- Precipitaciones.-Se define precipitación a toda forma húmeda, que originándose de las nubes, llega hasta la superficie terrestre (54).
- Intensidad. - Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta es la intensidad máxima que se haya presentado. Es decir, la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo (54).
- Pluviómetro.- Aparato que mide la precipitación caída en el suelo en forma de lluvia, nieve o granizo (37).
- Climograma.- Un climograma es un diagrama de doble entrada en el que en una de ellas se representan las precipitaciones y en la otra las temperaturas medias (55).
- Suelos.- Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (56).
- Erosión. - La erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que realizar el hombre en su chacra. Por éstas pérdidas disminuye poco a poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad (57).
- Teledetección. - Es la ciencia y arte de obtener información acerca de la superficie de la Tierra sin entrar en contacto con ella. Esto se realiza +detectando y grabando la energía emitida o reflejada y procesando, analizando y aplicando esa información (40).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

A) Método general o teórico de la investigación

Se empleó el método hipotético-deductivo, y analítico. El método deductivo deduce el movimiento circular en torno a la tierra sincronizados con su velocidad y rotación, situados desde un mismo punto sobre la superficie terrestre, de las precipitaciones que se analizan mediante imágenes satelitales para referenciar su cobertura e intensidad. Asimismo, el método analítico se utilizó para descomponer las intensidades de la precipitación a partir de las diferentes bandas de imágenes satelitales.

B) Métodos específicos:

Para identificar las caracterización de la zona de estudio se realizó el método de observacional para las salidas de campo (Fotografías N°1 y N°2), recopilar bibliografía e información acerca del empleo de la Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE) , el área de estudio corresponde a la Región Junín, en la provincia de Chupaca, en la cual limita por el norte con la Provincia de Concepción; por el este con la Provincia de Huancayo; por el sur con la región de Huancavelica y; por el oeste con la región de Lima. Las muestras de estudió están ubicadas en distrito de Huáchac (Anexo N°2) a 3275 msnm y a 290 km de la capital del Perú, Lima, a 22 km al noroeste de la ciudad de Huancayo, la siguiente ubicación es del distrito de Huamancaca Chico (Anexo N°3) está ubicado al Oeste a 3 218 msnm a 290 km de la capital del Perú, Lima, y a 2 km de la provincia de Huancayo, Se observó en ambos distritos un valle aluvial atravesado por la cuenca Río Mantaro, Río cunas.

La Geografía del área de estudio, en los distritos de Huachac y Huamancaca se realizó dicha instalación de parcelas para la medición de erosión y/o sedimento con las siguientes coordenadas; En el distrito de Huachac por el Este 472593, Norte 8664106, Elevación 3238. Así también en el distrito de Huamancaca Chico con dichas coordenadas por el Este 465079, Norte 8670074, Elevación 3383, estas se evidencias en dichas fotografías N°3 y N°4, se observó el uso del suelo; con una predominancia de uso agrícola, bosques, así también zonas de centro poblados, se distinguió una elevación plana en el terreno.

Clima, flora y fauna

- ✓ El clima que se identificó es, es seco frío en ambos distritos es; en el distrito de Huachac se visualizó precipitación de 573.5mm, el valor más alto de temperatura es de 11.0C° que aconteció en el mes de noviembre y el valor más bajo es de 4.9C° se dio en el mes de julio. En el distrito de Huamancaca Chico se observó 732 mm de precipitación, las lluvias más intensas ocurren en los meses de enero, febrero y marzo, mientras que junio, julio y agosto son los meses más secos y el valor más alto de temperatura es de 13.9 C° que se dio en el mes de noviembre y el valor más bajo es de 10.0 C° que se dio en el mes de julio.
- ✓ Según EL Instituto Geofísico del Perú IGP, La flora en ambos distritos se visualizó poca vegetación, con predominio de arbustos y plantas mayores, entre las que destacan diversidad de plantas silvestres propias de la zona de estudio. Entre los principales árboles que se distinguió el quinal (*Polylepis* spp.), quishuar (*Buddleia incana*), aliso (*Alnus jorullensis*), molle (*Schinus molle*), tara (*Caesalpinia spinosa*) y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), siendo este último introducido. Los arbustos: chinchilcoma (*Mutisia viciaefolia*), marco (*Ambrosia peruviana*), chamana (*Dodonaea viscosa*), retama (*Lygos sphaerocarpa*), tanquis o mutuy (*Cassia* spp.), chilca negra (*Flouencia macrophylla*); Así también se visualizó entre las plantas cultivadas como papa, maíz, cebolla, alcachofa, trigo, cebada, avena, quinua, col, calabaza, lechuga, zanahoria, arveja, etc. Los frutales: tumbo (*Passiflora mollisima*),

capulí (*Physalis pubescens*), guinda (*Prunus serotina*), manzano, durazno, etc. Flores: la cantuta (*Cantua buxifolia*), rosa, claveles, etc. (57).

- ✓ En la Fauna, Aves silvestres: tórtola (*Metriopelia melanoptera*), perdiz (*Nothoprocta pentlandii*), zorzal o chihuaco (*Turdus chiguanco*), gorrión, jilguero, picaflor, y otros. Mamíferos silvestres: zorrillo (*Conepatus chinga*), venado (*Odocoileus virginianus*), vicuña (*Vicugna vicugna*), vizcacha (*Lagidium peruanum*), etc. (57).

El tipo de suelos. En el distrito de Huachac se visualizó una textura Arcilloso (Anexo N°11 y N°13), en el distrito de Huamancaca Chico existe el suelo llamado de textura de suelo Franco Arcilloso (Anexo N°12 y N°13). Se distinguió la morfología una predominancia de fondo de valle aluvial, En el distrito de Huachac se percibió de área limitada de ladera de colinas altas espinada.



Fotografía N°1. Zona 1 de estudio, distrito de Huachac- Chupaca



Fotografía N°2. Zona 2 de estudio, distrito Huamancaca Chico – Chupaca.



Fotografía N°3. Instalación de la parcela 1° para la medición de sedimentos- Huáchac.



Fotografía N°4. Instalación parcela 2° para la medición de sedimentos- Huamancaca Chico.

Seguidamente en la salida de campo, se desarrolló el método de clavo o estacas (Fotografías N°2 y N°3) , este método fue empleado para la medición de la erosión y/o sedimentación, corresponde a la utilización de parcelas con clavos o estacas, que dichas mediciones fueron tomadas en la zona de estudio; Las instalaciones de las parcelas fueron ubicadas en los distritos de Huachac con coordenadas: Este 472593, Norte 8664106, Elevación 3238 y Huamancaca Chico con coordenadas: Este 465079, Norte 8670074, Elevación 3383, se instalaron en un área de 40 a 40 cms, las estacas con diámetro de 2.5 cm estuvieron establecidas con una distancia de 10 cm, enterradas de profundidad de 10 cm y con una altura de 20cm sobre el suelo. Se utilizó una regla metálica para realizar estas mediciones de sedimentos, las tomas de sedimentos fueron semanal por la frecuencia e intensidad de lluvia y se detalló en mm dichas medición de sedimentos en la libreta de campo (Anexo N° 4).

En una de varias salidas de campo fue para determinar la textura de suelo agrícolas, se realizó una recolección de muestra de suelos

agrícolas, En el distrito Huachac con área de 70.239 Hectáreas se tomó 54 calicatas y 40 calicatas y en el distrito de Huamancaca Chico con un área de 32.882 hectáreas (Anexo N°5) en la provincia de Chupaca (Fotografía N°5 y N°6), donde tuvo una profundidad de 30cm. Y se tomó los puntos con GPS (Anexo N°6 y N°7), se realizó el cuarteo de dichas muestras, se las colocó en las bolas térmicas. Luego en el laboratorio de suelos se desarrolló el método hidrómetro, donde se basa en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas primarias del suelo (arena, limo, arcilla), de acuerdo a la ley de Stoke (51). Dichas muestras se pesaron 50 g. de TFSA (tierra fina seca al aire) y colocarlo en el vaso metálico de dispersión. Se adicionó al vaso metálico de dispersión 100 ml de agua destilada, 50ml de hexametáfosfato de sodio (Fotografía N°39 y N°40), luego se volvió agregar agua destilada hasta las 2/3 partes de capacidad del vaso y agite por 5 minutos. Se retiró el vaso metálico de dispersión de la máquina y transferir el contenido a la probeta de sedimentación de Bouyoucos, lavando con agua destilada para retirar las partículas adheridas al vaso. Se adicionó agua destilada a la probeta de sedimentación hasta 1000 ml. Se agitó la solución de la probeta de sedimentación con la ayuda de una varilla de madera de base circular con huecos, durante 5 minutos, los movimientos deben ser de arriba hacia abajo para que las partículas de la muestra de suelo queden homogéneamente distribuidas en todo el volumen de la probeta. Se retiró la varilla y con el cronómetro empezar a contar 40 segundos, mientras tanto introducir cuidadosamente el hidrómetro de Bouyoucos para que se estabilice y facilite la observación de la densidad. En esta etapa

también debe introducir el termómetro. A los 40 segundos, se hizo la primera lectura del hidrómetro de Bouyoucos y del termómetro. Se Retiró cuidadosamente el hidrómetro y el termómetro. Se hizo la segunda lectura del hidrómetro y temperatura a las dos horas, así también se utilizó la fórmula donde ya está incluido la corrección de 0.2 por cada grado centígrado mayor o menor a 20°C.

$$\text{Are. \%} = 100 - \left\{ \frac{(\text{L1.} + (1^\circ \text{ tem} - 20) \times 0.2) \times 100}{50} \right\}$$

$$\text{Arc. \%} = \left\{ \frac{(\text{L2.} + (2^\circ \text{ tem} - 20) \times 0.2) \times 100}{50} \right\}$$

$$\text{Limo \%} = 100 - (\% \text{ arcilla} + \% \text{ arena})$$

L1 = Primera lectura del hidrómetro

L2 = Segunda lectura del hidrómetro

Por último, se calculó la cantidad de arena, limo y arcilla y determinar la clase textural en base al triángulo americano (USDA).

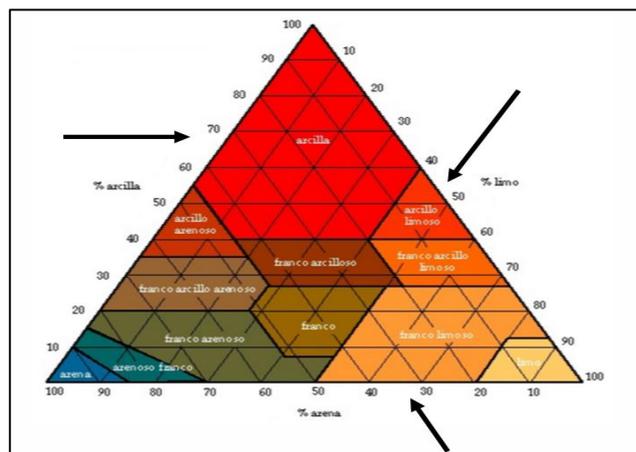


Figura 35. Triángulo textural Americano (USDA Fuente: (44).

Cuadro 4.
Grupos texturales.

SIMBOLO	GRUPOS	TEXTURA
G	Gruesa	Arena Arena franca
MG	Moderadamente gruesa	Franco arenoso
M	Media	Franco limoso Franco limoso Limoso
MF	Moderadamente fina	Franco arcilloso Franco arcillo limoso Franco arcillo arenoso
F	Fina	Arcillo arenoso Arcillo limoso Arcilloso

Fuente: (44).

En la última salida de campo se ha recopilado una muestra en cada distrito para determinar la densidad aparente del suelo, donde se utilizó el muestreador de suelos, se empleó el método cilíndrico, en el laboratorio, el muestreador que es un cilindro metálico con las siguientes medición: diámetro de 0.07m. y altura de 0.15m, así de tal modo el volumen interno del cilindro removible es de 0.33m^3 , una vez extraído el muestreador del suelo se retiró el cilindro interior y se enrasó la muestra cortando cuidadosamente con un cuchillo el suelo excedente por encima y por debajo. Los cilindros enrasados se llevaron al laboratorio para su secado en estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas y posterior pesado para determinar su masa (53). (Fotografía N°17 y N°22).

En gabinete se procesó toda la información recopilada de las salidas de campo y laboratorios, etc. Para la obtención de los modelos de erosión, primero se determinó la erosión de suelos en la zona de estudio, se obtuvo mediante modelación geoespacial y así también con el modelamiento cuantitativo de la erosión utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE), se calculó cada uno de los

factores necesarios para la determinación, el mapa de las zonas de estudio fue elaborado a partir de las descargas de las imágenes satelitales del Satélite GOES 13 (canal 2,3,4) con la combinación presenta el formato T realizada (combinación de bandas (6, 5, y 4) y se procesó mediante software(ArcGis, Qgis, Excel, Global Mapper, etc), así fue desarrollándose los mapas de (Pendiente, Precipitaciones, Cobertura Vegetal, Fisiográfico, Geológico, Hidrológico y suelos) Después de analizar cada una de las variables y de otorgarles las calificaciones, se fue introduciendo a la ecuación general de (USLE) con ayuda del software AcGIS.

3.1.2. Alcances de la investigación

A) Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque se tiene como variables. Las precipitaciones extremas y, la erosión de suelos agrícolas, son parte de la realidad concreta que se da en el tiempo y en el espacio (provincia de Chupaca en los distritos de Huáchac y Huamancaca Chico). A su vez la investigación es un estudio de tipo predominantemente cuantitativo ya que es secuencial y probatorio.

En el proceso de la investigación, se recopiló información de cambios climáticos y su influencia en la erosión de suelos agrícolas, se determinó objetivos, se construyó un marco teórico. De muchas interrogantes se establecieron las hipótesis, las variables, se desarrolló un plan para probarlas (diseño); se han medido las variables en un determinado contexto; se analizaron las mediciones obtenidas utilizando

un método estadístico: Coeficiente de correlación de Pearson, y se estableció una serie de conclusiones respecto de las hipótesis de la investigación.

B) Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, que se encarga de explicar de qué manera la variable Independiente (precipitaciones extremas) influye en la variable dependiente (erosión de suelos agrícolas). En esta secuencia se tratará de explicar de qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

3.2. Diseño de la Investigación

Los fenómenos atmosféricos no se pueden manipular, solo se observan tal cómo se presentan en la naturaleza. Por lo cual, se plantea un diseño no experimental para la presente investigación. En tal sentido, se observa las variables tanto independiente (precipitaciones extremas) como dependiente (erosión de suelos agrícolas) No se manipuló sino tal como se presentan en su contexto natural, para posteriormente ser analizados.

3.2.1. Tipo de diseño de investigación.

En esta investigación el tipo de diseño es transeccional correlacional causal ya que este diseño describe las relaciones entre la variables: independiente (precipitaciones extremas) y la variable dependiente (erosión de suelos agrícolas) en un momento determinado en términos correlacionales y asimismo en función de causa-efecto (causales), asimismo se analizó y se

estudió las variables para conocer el nivel de influencia de ellas, las causas (precipitaciones extremas) y los efectos (erosión de suelos agrícolas) que ya ocurrieron y/o están ocurriendo durante el desarrollo del estudio.

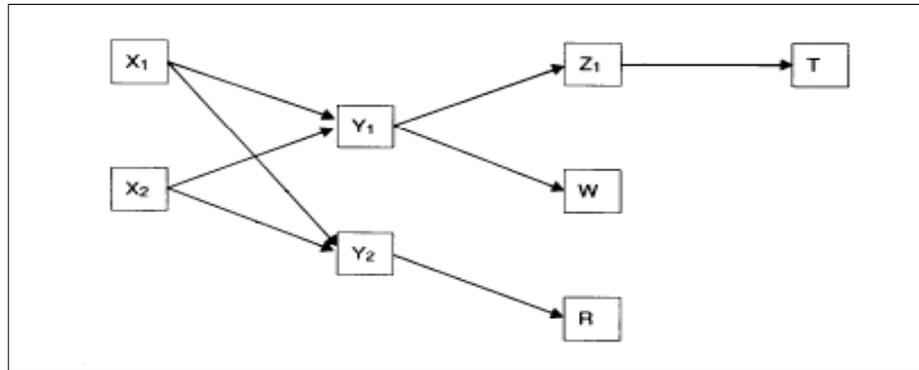


Figura 36. Diseño es transeccional correlacional causal.
Fuente: (57).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población comprende todas las precipitaciones extremas que ocurrieron durante el año 2016 en la Provincia de Chupaca.

3.3.2. Muestra

Se delimitó la muestra de acuerdo al interés del investigador y comprende todas las precipitaciones extremas que ocurrieron durante el año 2016 en los Distritos de Huáchac y Huamancaca Chico (FiguraN°7).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Para la investigación se utilizó la técnica observación de imágenes satelitales. Asimismo, se utilizó la técnica de recopilación de información primaria para la obtención de datos pluviométricos correspondiente a la estación

del distrito Huayao y Viques de la provincia de Chupaca en el año 2016, la técnica de documentación como fuentes bibliográficas por interés para el estudio, y finalmente la técnica de procesamiento.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizó instrumentos como: Cuaderno de campo para el monitoreo de medición de sedimentos, así también registrar datos tales como: longitud, latitud e intensidad de las precipitaciones extremas; un GPS marca Garmin para georreferenciar la zona de estudio, etc.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

En la figura 37, se muestra el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo en la provincia de Chupaca en los distritos de Huáchac y Huamancaca Chico durante el año 2016; En el límite de área se observó lo siguiente: en el distrito de Huáchac y Huamancaca Chico se visualizó una predominancia de uso de suelos en cultivo(agrícolas), así también existe alrededor del distrito Ahuac una predominancia de área de cobertura vegetal Matorral Andino Húmedo de Colinas y también un área limitado de suelos desnudos, aledaña del distrito de Chupaca se percibió una cobertura vegetal de bofedales, Herbazal Erguido y Matorral Andino Húmedo, Montañas y Planicies, Herbazal Rastrero Andino

inundables, en el distrito de Chupaca hay una predominancia de laderas de montañas empinadas y alrededor terrazas medias, por último se observó en el distrito de concepción un área de laderas de colinas altas empinadas (Anexo N°9).

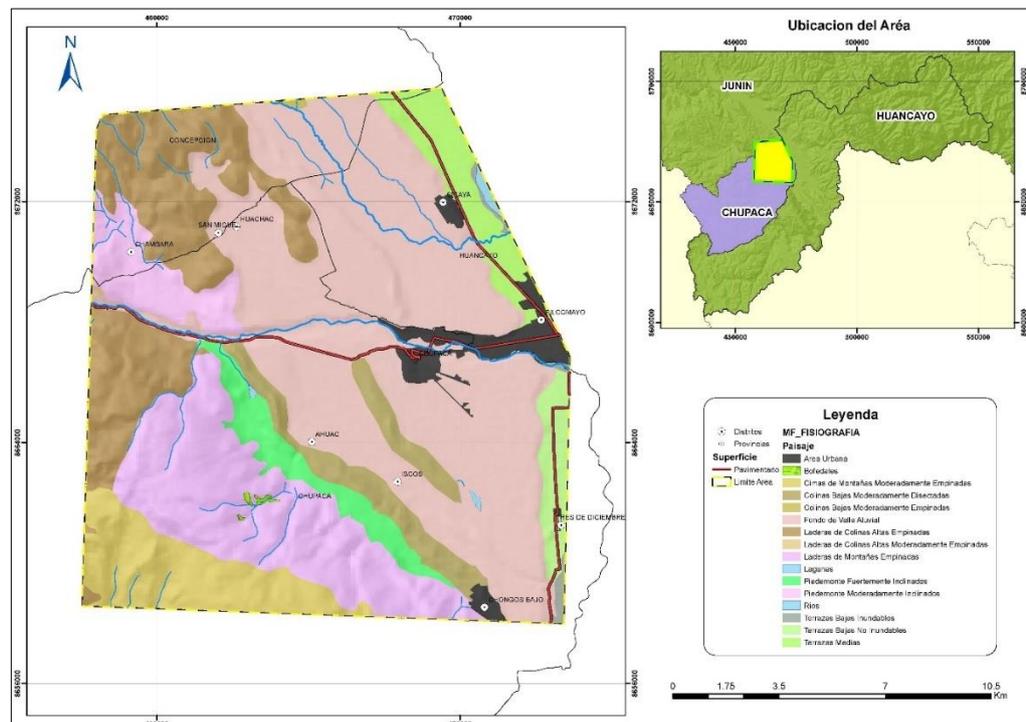


Figura 38. Mapa fisiográfico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 39, se muestra el mapa geológico de suelos agrícolas que corresponde a la precipitación extrema en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016; En el límite de área se detalla los accidentes geológicos que afloran en la superficie terrestre, en el distrito de Huachac existe una predominancia de accidente depósito aluvial subcreciente esta nos refiere a la energía del movimiento proveniente de la gravitación donde el agua solamente disminuye la fricción y facilita un deslizamiento, donde las rocas destruidas por la erosión/meteorización se mueven cerro abajo en dos maneras: Lento (poco centímetro cada año) Rápido:

(en un derrumbe algunos 100 metros en un momento), en el distrito de Huamancaca Chico nos da a conocer una mayor masa de sedimentos detríticos que ha sido transportada y sedimentada por un flujo o aluvión y estanós refiere que existe un accidente geológico de Qsr-al depósito aluvial subcreciente, en el distrito de Chupaca existe accidente ji-c Fm Condorsinga y también Q-Co depósito coluvial, por último en el distrito de Iscos se observó Trs-ch Fm Chambara y un accidente de Q-el depósito eluvial y aledaña de dicho distrito se visualizó una laguna (Anexo N°10).

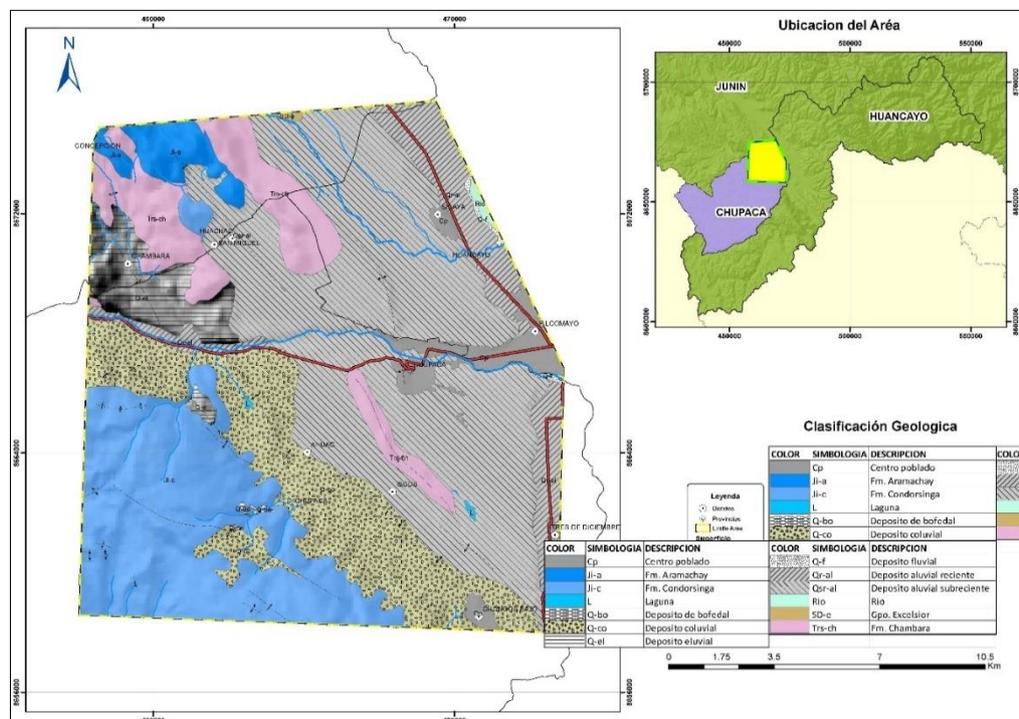


Figura 39. Mapa geológico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 40, se muestra el mapa hidrológico en suelos agrícolas que corresponde a la precipitación extrema en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016; En el límite de área se detalla los cursos de los ríos, en el distrito de Huachac se observó la cuenca del Río Mantaro, cunas, se percibió en el distrito de Huamancaca Chico

la cuenca del Rio Mantaro intercuenas del Rio Mantaro, aledaña de dicho distrito existe una laguna, quebrada y aledaña de dicho distrito se observa una pavimentación, Por ultimó se visualizó en el distrito de Chupaca la cuenca del Rio Mantaro y quebradas y bofedales, aledaña del distrito de Concepción se distinguió cuenca de Rio Mantaro, cunas, intercuenas y quebradas.

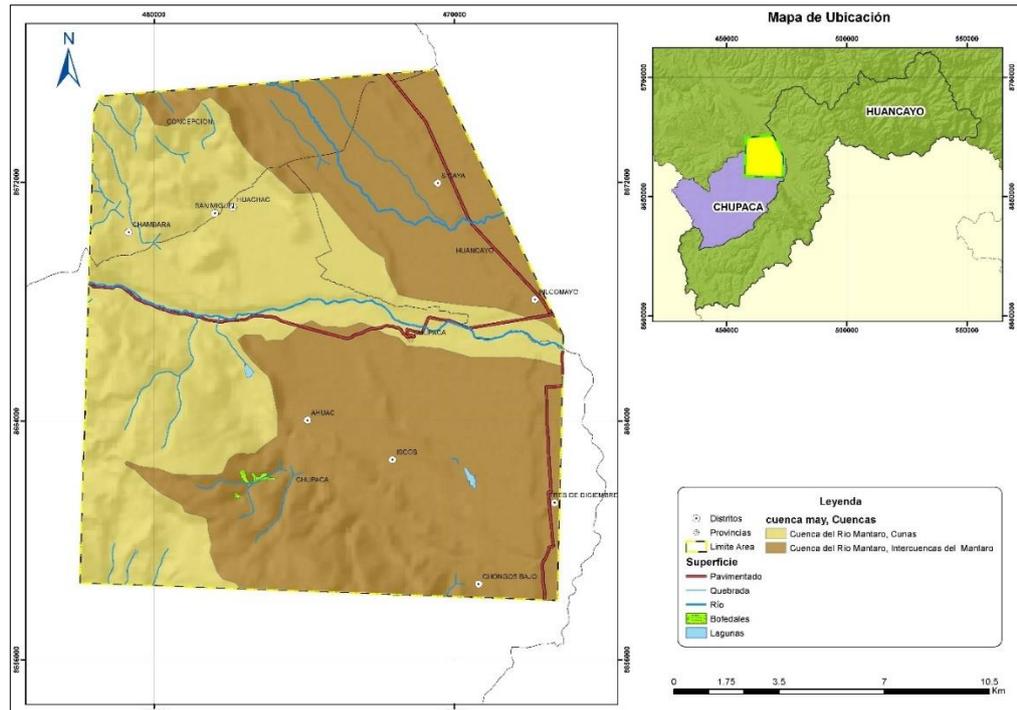


Figura 40. Mapa hidrológico de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016

En la figura 41, se muestra el mapa de precipitación de suelos agrícolas que corresponde a la precipitación extrema en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016; en el límite de área se detalla valores acumulados de precipitaciones, en el distrito de Huachac se visualizó precipitación entre 600-800mm/h, así también en un área limitado existe una precipitación entre 400- 600mm/h, en el distrito de Huamancaca Chico existe una predominancia de precipitación entre 600-800mm/h, en el distrito de Iscos se observó una predominancia de precipitación entre 800-

1000mm/h y en un área limitada existe precipitaciones entre 1000-1200mm/h, así también en el distrito de Chupaca se percibió precipitación de 600-800mm/h y también existe una precipitación de 400- 600mm/h, Por último en el distrito de Concepción se observó una predominancia de precipitación 200- 400mm/h (Anexo N°11).

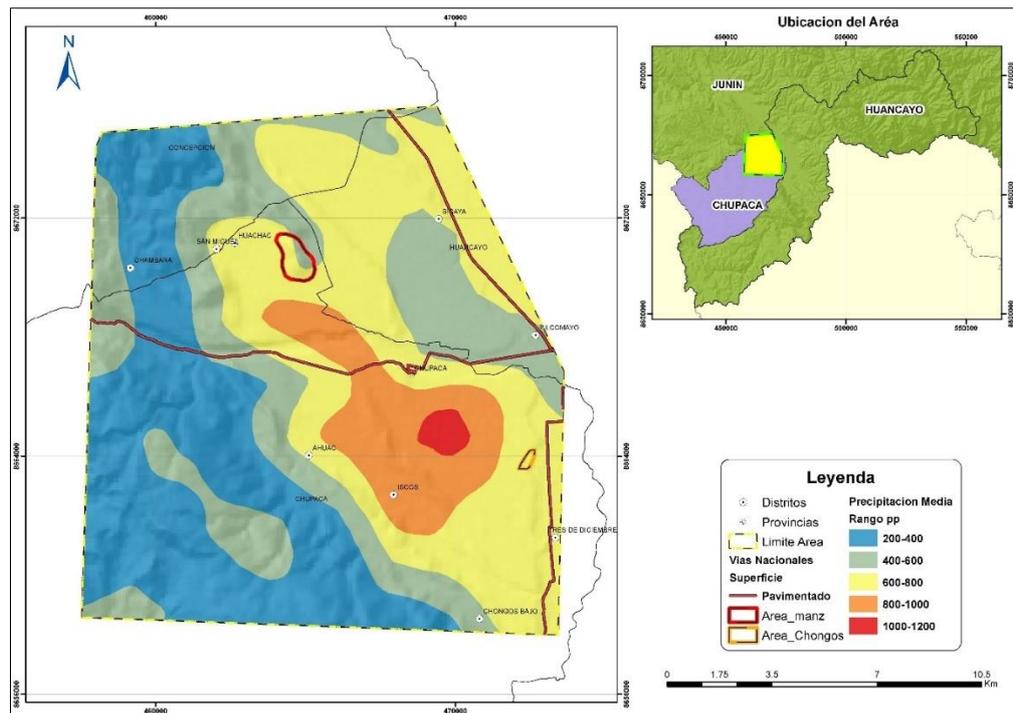


Figura 41. Mapa de precipitación de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 42, se muestra el mapa de suelo en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016. En el límite de área se detalla la textura de suelos. En el distrito de Huachac se visualizó una predominancia de suelos llamado Acobamba-Canchayllo de textura de Franco Arcillo arenoso y también alledaña de dicho distrito existe una textura de Franco, en el distrito de Huamancaca Chico se percibió una predominancia de suelos llamado Acobamba-Andamarca de textura de franco y alledaña del distrito mencionado existe un suelos llamado Acobamba Retama de

textura Franco Arcilloso Arenoso, en el distrito de Chupaca existe suelos llamado Acobamba-Andamarca de textura franco y también tenemos en suelos llamado Acobamba-Renatullo de textura Franco Arcilloso Arenoso, Por último en el distrito de Sicaya se visualizó un área urbana y textura de suelo no utilizado y aledaña de dicho área existe suelos llamado Andamarca-Acobamaba con textura Franco, Por último en la provincia de Chupaca en un área limitada se visualizó un área urbana (Anexo N°12).

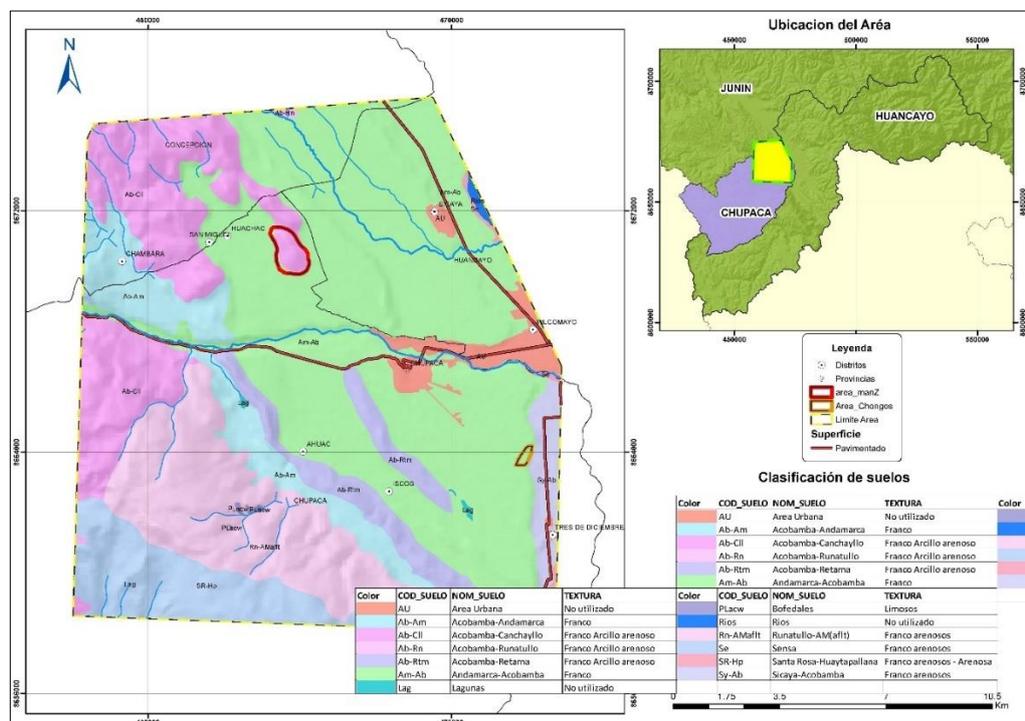


Figura 42. Mapa de suelos en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 43, se muestra el mapa de pendiente en la provincia de Chupaca del distrito de Huachac durante el año 2016. En el límite de área se detalla los rangos, grados de inclinación del terreno; se visualizó que existe una predominancia de inclinación de terreno escarpado $>75\%$, con siguiente también existe una inclinación de terreno empinado entre 25-50%, también se observó una inclinación de terreno muy empinado entre 50-75%, se distinguió

una inclinación de terreno moderadamente empinado entre 15-25%, se observó que existe una inclinación de terreno de inclinada entre 8 -15%, también existe una inclinación de terreno ligeramente plano entre 2-4%, así también se visualizó una inclinación de terreno inclinada entre 4-8%, por último se observó una inclinación de terreno minutarío finamente plana entre 0-2% (Anexo N°13).

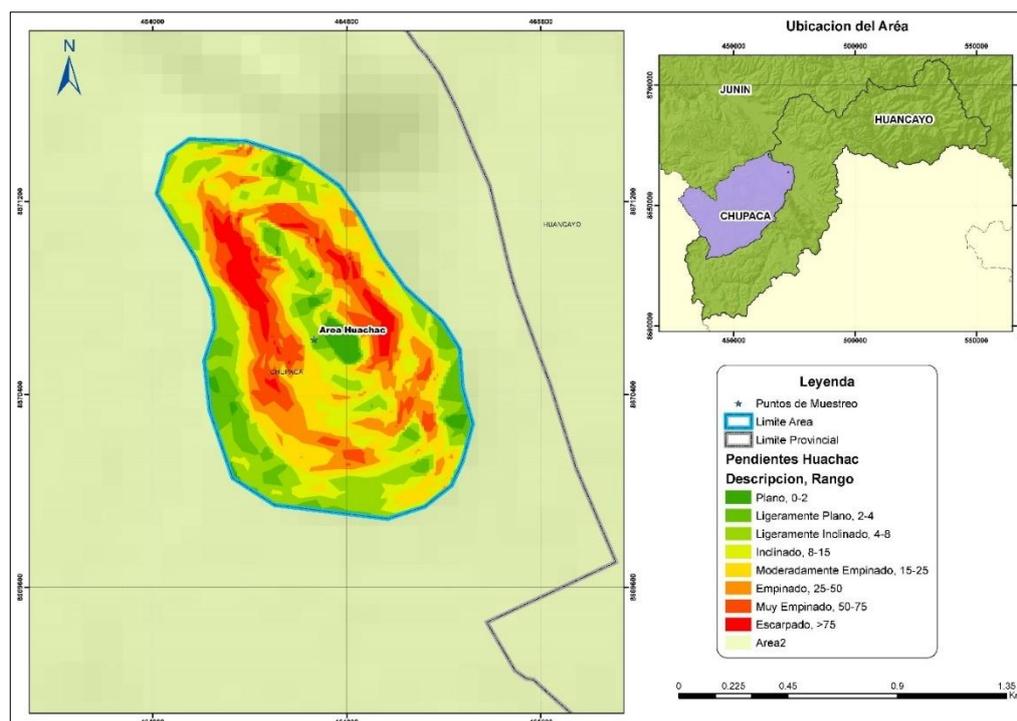


Figura 43. Mapa de pendiente en la provincia de Chupaca en el distrito de Huachac durante el año 2016.

En la figura 44, se muestra el mapa de pendiente en la provincia de Chupaca en el distrito de Huamancaca Chico durante el año 2016; Se observó a detalle las dimensiones, grados de inclinación del terreno. En el distrito mencionado se visualizó una predominancia de inclinación de terreno plano entre 0-2%, con siguiente existe una inclinación de terreno moderadamente empinado entre 15-25%, Así también existe inclinación de terreno ligeramente inclinado entre 4-8% ,terreno inclinado entre 8-15 %, así también se distinguió que existe un área limitado de una inclinación de terreno muy empinado entre

50-75%, por último se observó una insignificancia área de inclinación de terreno ligeramente plano entre 2-4% (Anexo N°13).

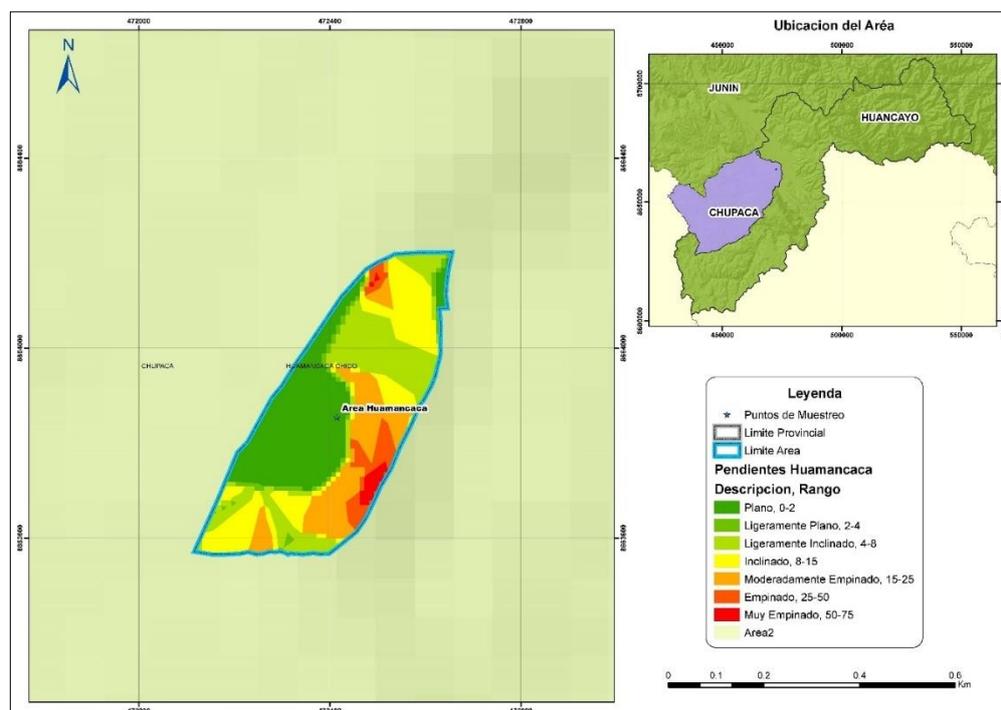


Figura 44. Mapa de suelos en la provincia de Chupaca en el distrito de Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 45, se muestra el mapa de pendiente en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016. Se visualizó a detalle la inclinación, grado de terreno. En el distrito de Huachac existe una predominancia de inclinación de terreno escarpado $>75\%$, así también existe un área limitado de inclinación de terreno finamente plana entre 0-2%, en el distrito de Huamancaca Chico se visualizó una predominancia de inclinación de terreno plano entre 0-2%, así también se observó un área limitado de inclinación de terreno muy empinado entre 50-75% (Anexo N°13).

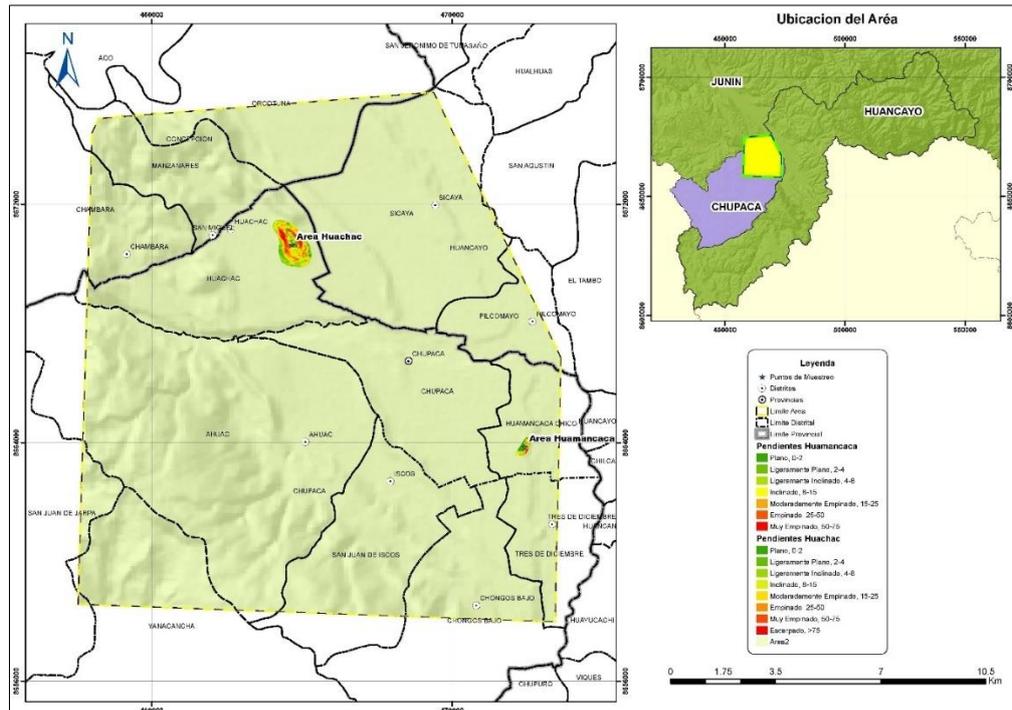


Figura 45. Mapa de pendientes de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

Tabla 2.
Características de suelo- Lab. UC. (Anexo N°14)

	Are (%)	Arc (%)	Limo (%)	Textura
Huáchac	33.32	59.48	7.2	Arcilloso
Huamancaca Chico	36.39	41.48	22.13	Franco Arcilloso

Tabla 3.
Densidad aparente de suelo- color - Lab. UC. (Anexo N°14)

	Densidad aparente de suelo	Color
Huáchac	1.46 Mg/m ³	Gris rojizo oscuro
Huamancaca Chico	1.28 Mg/m ³	Rojo amarillento

4.1.2. Características de las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el 2016.

En la figura N°46, se presenta el climograma en base de datos históricos de la estación Huayao para la zona de estudio del distrito de Huáchac (Anexo N°15). Para la elaboración del climograma del distrito de Huáchac se tomó datos

históricos de la estación de Huayao en base a 30 años desde (1981 hasta 2010) con (altitud: 3328, latitud: 12° 0.2' 24.66" S, 75°, longitud: 19'13.74" W), respecto a la temperatura, los datos corresponden al hemisferio sur ya que la línea de temperaturas es más alto por los laterales que por el centro, el valor más alto de temperatura es de 11.0C° que aconteció en el mes de noviembre y el valor más bajo es de 4.9C° se dio en el mes de julio. La temperatura media es de 8.9C° y los meses que están por encima de la media son, enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre, así también los valores que están por debajo de la media son: mayo, junio, julio, agosto y setiembre La oscilación térmica es de 6.0C° que corresponde a una oscilación baja. Por consiguiente, el tipo de clima es frío con temperatura media de 8.9C° al estar la media entre (6.0C° y 14C°).

De igual modo respecto a las precipitaciones en la estación de Huayao durante el año 2016 (Anexo N°16). La máxima precipitación se produjo en el mes de enero 128.9 mm y la mínima precipitación se dio en el mes de julio 2.3mm. Como se muestra en el climograma de Huayao en la figura N°47, existe agrupaciones de meses con precipitación pluvial parecidas cuyos meses son: enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Así también existe estiaje en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre ya que se observa que en los meses de invierno las precipitaciones bajan ostensiblemente. Según criterio de Gausson existe periodo de aridez en los meses de mayo, junio, julio y agosto al tratarse de meses en los que las temperaturas están por encima de más precipitaciones. Se distinguió que el tipo de clima es seco con 573.5 mm de precipitación anual ya que el total de precipitación está entre (300 y 800 mm)

anuales. Así se determina que el clima del distrito de Huachac de la provincia de Chupaca es un clima frío seco.

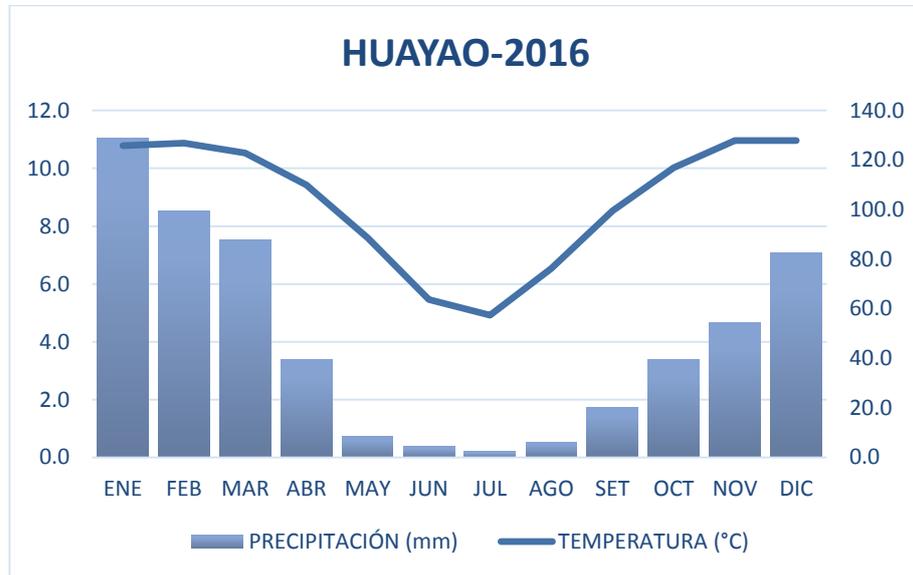


Figura 46. Climograma de Huayao – 2016

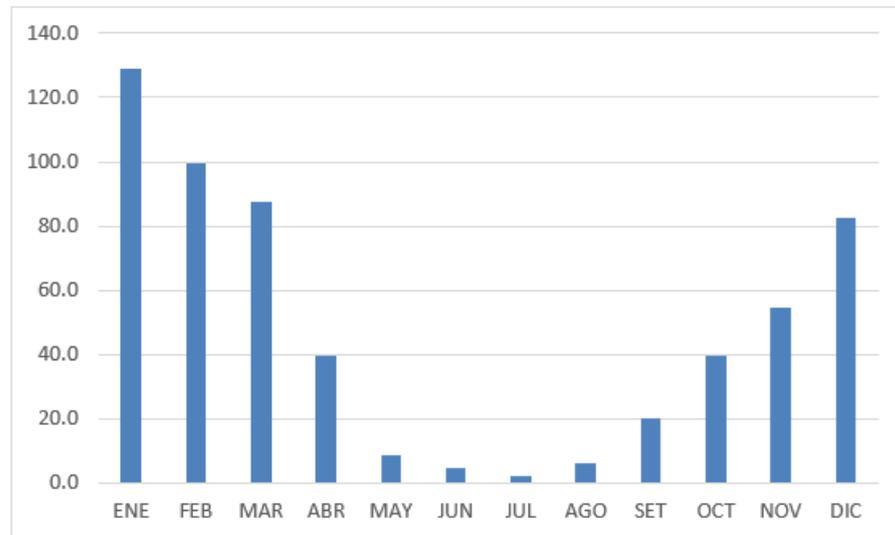


Figura 47. Estación Huayao – 2016

En la figura N°47, se presenta datos históricos de la precipitación media mensual de la estación Huayao para la zona de estudio del distrito de Huachác.

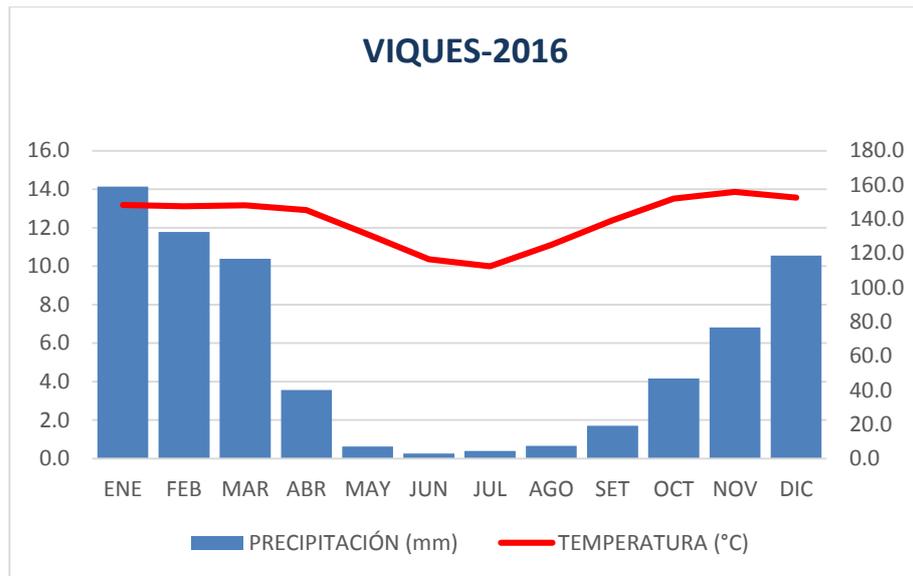


Figura 48, Climograma de Viques – 2016

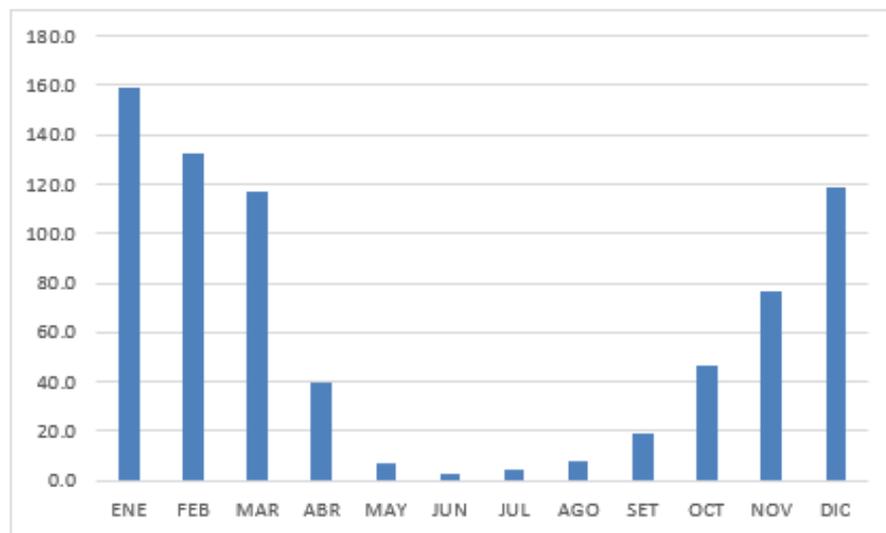


Figura 49, Estación Viques – 2016

En la figura N°48, Se presenta datos históricos de la precipitación media mensual de la estación Viques para la zona de estudio del distrito de Huamancaca Chico.

En la figura N°48, se presenta el climograma en base de datos históricos de la estación Viques para la zona de estudio del distrito de Huamancaca Chico (Anexo N°15).

Para la elaboración del climograma del distrito de Huamancaca Chico se tomó datos históricos de la estación de Viques base a los 30 años desde (1981 hasta 2010) con (altitud: 3186, latitud: $12^{\circ} 9' 47''$, 75° , longitud: $75^{\circ} 14' 7''$), respecto a la temperatura, los datos corresponden al hemisferio sur ya que la línea de temperaturas es más alto por los laterales que por el centro, el valor más alto de temperatura es de 13.9°C que se dio en el mes de noviembre y el valor más bajo es de 10.0°C que se dio en el mes de julio. La temperatura media es de 12.40°C y los meses que están por encima de la media son: enero, febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre así también los valores q están por debajo de la media son: mayo, junio, julio, agosto. La oscilación térmica es de 3.9°C que corresponde a una oscilación baja. Por consiguiente, el tipo de clima es frío con temperatura media de 12.40°C al estar la media entre (6.0°C y 14°C).

De igual modo respecto a las precipitaciones en la estación de Huayao durante el año 2016 (Anexo N°16). La máxima precipitación se produjo en el mes de enero 159.0mm. y la mínima precipitación se dio en el mes de junio 2.9mm. Como se muestra en el climograma de Huayao en la figura N°49, existe agrupaciones de mese con precipitación pluvial parecidas cuyos meses son: enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Así también existe estiaje en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre ya que se observa que en los meses de invierno las precipitaciones bajan ostensiblemente. Según criterio de Gaussen existe periodo de aridez en los meses de mayo, junio, julio y agosto al tratarse de meses en los que las temperaturas están por encima de más precipitaciones. Se distinguió que el tipo de clima es seco con 732.0mm. de precipitación anual ya que el total de precipitación está entre (300 y 800 mm.)

anuales. Así se determinó que el clima del distrito de Huachac de la provincia de Chupaca es un clima frío seco.

4.1.3. Precipitaciones extremas que influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.

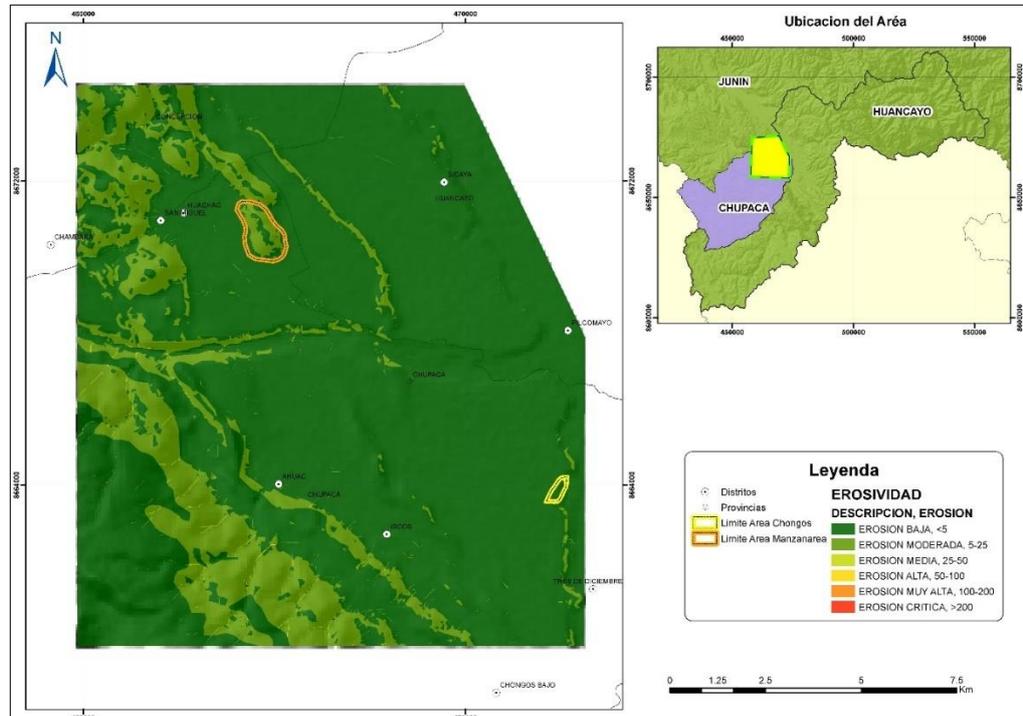


Figura 50. Mapa de erosión de suelos agrícolas de la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016.

En la figura 50, se muestra el mapa de erosión en suelos agrícolas que corresponde a la precipitación extrema en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016; Se observó a detalle las dimensiones de erosión en suelos agrícolas que son causadas por precipitación extremas en los distritos mencionados (Anexo N° 17). En el distrito de Huachac se visualizó que existe una predominancia de erosión moderada entre 5 – 25%, así también existe un área limitado de erosión baja >5%, y también se observó una insignificancia de erosión media entre 25-50%. Por otro lado, en el distrito de Huamancaca Chico se visualizó una predominancia de erosión baja de <5 %, y aldeaña de dicho distrito en un área

insignificante se distinguió una erosión media entre 25-50%. Así también se observó de área limitado en los distritos Chupaca, Ahuac y Iscos una erosión media de 25-50%, y también se distinguió rastros insignificantes de erosión alta entre 50-100%.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas.

Tabla 4.
Datos de Correlación.

	Meses	T/ha	Pp
2016	Oct	0.3	45
	Nov	1.7	72
	Dic	2.3	95
	Ene	5.6	140
	Feb	7.1	160
2017	Mar	3.2	80
	Abr	0.8	10
	May	0	5
	Jun	0	4
	Jul	0	0

4.2.2. Precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas.

a) Análisis de correlación

Hipótesis: $\alpha = 0.05$ ($p = r$)

Ho: $p = 0$

Hi: $p \neq 0$

Tabla 5.
Análisis de correlación.

Coeficiente de correlación R	$\alpha = 0.05$	Decisión
0.9513		Acepta

b) Análisis de regresión

Tabla 6.
Análisis de varianza.

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	51.4239217	51.4239217	76.2389554	2.314E-05
Residuos	8	5.39607831	0.67450979		
Total	9	56.82			

Tabla 7.
Estadística de regresión.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.95133173
Coeficiente de determinación R ²	0.90503206
R ² ajustado	0.89316107
Error típico	0.82128545
Observaciones	10

Valor – P = 0.000023140

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula.

4.3. **Discusión de resultados**

- Dicha investigación buscó determinar como objetivo general de qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016. Los objetivos específicos fueron describir las características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas y del mismo modo describir las características de las precipitaciones extremas. La información de imágenes satelitales se obtuvo a partir del portal CPTEC (Centro de pronóstico del tiempo y estudios climáticos-Brasil), se descargó estas imágenes satelitales del Satélite GOES 13 (canal climático -Brasil) y la combinación presenta la forma T realizada (combinación de las bandas 6, 5, y 4) y los datos históricos de la estación de Viques y Huayao de la provincia Chupaca durante el año 2016. La metodología mostró ser eficiente al determinar la erosión en suelos agrícolas por causa de las precipitaciones extremas, a través del método

USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) se calculó la erosión de suelos, el grado de riesgo de amenaza de erosión en las zonas de estudio, pero en el trabajo de campo hubo complicaciones con la instalación de las parcelas, calicatas y recolección de muestras, debido al acceso de las zonas por ser uso agrícola.

- Con respecto a la validez interna, al realizar el análisis de correlación de las precipitaciones extremas y la erosión en suelos agrícolas se tiene una correlación $r = 0.95$ que significa que la correlación es alta y se pueden estimar datos con un nivel de confianza de 95% a partir de las imágenes satelitales de GOES 13. Menciona Buendía (2015), entre las precipitaciones total obtenida del satélite de GOES 13 y la inundación saturada en sus resultados hay una alta correlación determinación que las precipitaciones y determinó que los eventos de precipitaciones extremas que pueden producir inundaciones riego de inundación pluviales, de tal modo que se asemeja a los resultados de dicha investigación que también determinó una alta correlación y determinación que influye significativamente las precipitaciones extremas en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca.
- La correlación entre la precipitación extremas y riesgo de erosión en suelos agrícolas tiene una correlación $r = 0.95$, que significa que la correlación es alta y se pueden estimar un nivel de confianza 95%, a su vez la regresión entre las precipitaciones total (mm) y el riesgo de erosión tiene un coeficiente de determinación $r^2 = 0.90$ esto es igual a 90% esto nos dice que se acepta que las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas. El valor crítico F es de 0.000023140 esto significa que se rechaza la hipótesis nula.
- Como menciona Chávez (2013), que se puede realizar estudios ya que el por primera vez que se utiliza la información del radar de precipitación del satélite

TRMM y por tanto se obtiene un nuevo juego de datos que incluyen una amplia variedad de variables que nos permitirán continuar haciendo investigaciones en cualquier parte. Inicialmente se pensó que la información nueva serviría para mejorar los estimados de lluvia basados en imágenes GOES de radiación infrarroja, pero los resultados de esta tesis muestran que si comparamos pixel a pixel no hay una relación uno a uno entre la temperatura de brillo obtenida de las imágenes GOES y la lluvia medida por el PR TRMM, más aun utilizando únicamente los datos del PR TRMM no se aprecia una relación de uno a uno entre la lluvia y la altura de las tormentas; Así mismo en esta investigación que se usó imágenes satelitales de GOES 13 como una combinación T (bandas 6, 5 y 4) no coincidió con la precisión de identificar la textura de suelo del distrito de Huamancaca Chico, es por ello que se desarrolló salidas de campo en ambos distritos.

- La influencia de las precipitaciones extremas durante el año en la provincia de Chupaca en los distritos de Huáchac y Humancaca Chico, en el registro de precipitaciones extremas máximas se concentraron en el distrito de Huáchac en donde se observar figura (10) que existe una predominancia de erosión moderada entre 5 – 25%, así también existe un área limitado de erosión baja >5%, y también se observó una insignificancia de erosión media entre 25-50%. Por otro lado, en el distrito de Huamancaca Chico se visualizó una predominancia de erosión baja de <5 %, y aledaña de dicho distrito en un área insignificante se distinguió una erosión media entre 25-50%. Así también se observó de área limitado en los distritos Chupaca, Ahuac y Iscos con una erosión media de 25-50%, y también se distinguió rastros insignificantes de erosión alta entre 50-100%.

- La prueba de hipótesis es aceptada, ya que las precipitaciones extremas, el tipo de precipitación convectiva es la que más ocasionan una erosión hídrica donde comienza cuando las gotas de lluvia impactan la superficie con una energía suficiente para desplazar partículas de material sin consolidar, dando lugar al proceso denominado erosión por salpicadura como lo afirma (SUDAS, 2006), en consecuencia, estas precipitaciones originan riesgos de erosión en la zona de la provincia de Chupaca.
- Las características de suelo, como la densidad aparente y las texturas de suelos pueden anunciar la degradación de suelos agrícolas, en el distrito de Huáchac con las imágenes satelitales GOES 13 y en campo, se identificó la textura de suelo que es Franco Arcilloso arenoso, este tipo de textura tendrá un rendimiento intermedio en los suelos agrícolas, el tipo de textura de suelo de Huamancaca Chico es Franco Arcilloso suelos esta tendrá un mejor rendimiento agrícola. Según USDA (National Agricultural Statistics Service) define que lo apto de densidad aparente para suelos agrícolas es $< 1.4 \text{ g/cm}^3$, la densidad aparente en el distrito de Huáchac es de 1.46 g/cm^3 que se identificó en campo, esto quiero decir que grado de aireación y capacidad de infiltración no es tan buena, en el distrito de Huamancaca Chico se identificó una densidad aparente de $1,28 \text{ g/cm}^3$ donde se deduce que hay una aireación y capacidad de infiltración buena.

CONCLUSIONES

1. La regresión entre las precipitaciones total (mm) obtenida del satélite de GOES 13 y la erosión de suelos agrícolas (t/ha) tiene un coeficiente de determinación $r^2 = 0.90$ esto es igual a 90% y refiere que se acepta que las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas. La correlación entre la precipitación extremas y riesgo de erosión en suelos agrícolas tiene una correlación $r = 0.95$, que significa que la correlación es alta y se pueden estimar un nivel de confianza 95%, y valor crítico F es de 0.000023140 esto significa que se rechaza la hipótesis nula. Con ello se concluye que existe influencia de las precipitaciones extremas en las erosiones de los suelos agrícolas.
2. En la investigación de la erosión en suelos agrícolas que influyen la precipitación extrema en la provincia de Chupaca en los distritos de Huachac y Huamancaca Chico durante el año 2016; Se determinó que las características de las precipitaciones son: en el distrito de Huachac se visualizó que existe una predominancia de erosión moderada entre 5 – 25%, así también existe un área limitado de erosión baja >5%, y también se distingue una insignificancia de erosión media entre 25-50%. Por otro lado, en el distrito de Huamancaca Chico se visualizó una predominancia de erosión baja de <5 %, y aledaña de dicho distrito en un área insignificante se ve una erosión media entre 25-50%. en un área limitado en los distritos Chupaca, Ahuac y Iscos se visualizó una erosión media de 25-50%, y en rastros insignificantes una erosión alta entre 50-100%.
3. Las características de suelo en las imágenes satelitales GOES 13; como el tipo y densidad aparente de suelo pueden anunciar la degradación de suelos agrícolas; en el distrito de Huáchac, se identificó el tipo de suelo de Franco Arcilloso arenoso este tipo de textura tendrá un rendimiento intermedio en los suelos agrícolas. Así mismo Huamancaca Chico se determinó el tipo de suelo de franco arcilloso este suelo tendrá mejor rendimiento

agrícola. Según el libro Edafología de Azabache (2014) menciona que la densidad aparente de suelo arenoso donde generalmente contiene materia orgánica baja la densidad de volumen es alta. Así también menciona q los suelos muy compactados pueden tener una densidad de volumen de $2 \text{ Mg}/\text{m}^3$ o mayor. La densidad aparente en el distrito de Huáchac es de $1.46 \text{ Mg}/\text{m}^3$ que se esto refiere que el grado de aireación y capacidad de infiltración no es tan buena, en el distrito de Huamancaca Chico se identificó una densidad aparente de $1.28 \text{ Mg}/\text{m}^3$ donde se deduce que hay una aireación y capacidad de infiltración buena.

RECOMENDACIONES

La tesis demostró que existe influencia de las precipitaciones extrema en la erosión de suelos agrícolas, este resultado se recomienda aplicar en los sistemas de alerta temprana (SAT).

Al realizar mediciones de sedimentos y muestreo de suelos en las zonas erosionada que se convierten en suelos desnudos sin producción agrícola a todo esto se recomienda mantener los suelos con cubierta vegetal y después de cosechar los cultivos dejar los residuos en suelo como mantillo o plantas, para evitar que se compacte los suelos. En general evitar la erosión de suelos con reforestación con arbustos de especies nativas de la zona

El diagnostico de las estaciones meteorológicas permite obtener resultados de cómo es el comportamiento de las precipitaciones extremas y sus influencias en la erosión de tipo suelos agrícolas y se recomienda hacer estudios con estos resultados para evitar las erosiones y mitigar los suelos degradados por erosión. Y así hacer la contribución y solución de perdida y daños en los suelos agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. José Graziano da Silva. [online]. [Accessed 1 February 2018]. Available from: <http://www.dinero.com/internacional/articulo/perdida-suelos-fertiles-mundo/208688>
2. Instituto Internacional De Agricultura Tropical (IITA) and FAO. Manual de Prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Curso de Capacitación sobre el Manejo y Conservación de Suelos. IITA. 1997. P. 1–238.
3. Fenómenos meteorológicos [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/fenomenos->
4. Agropecuaria.org. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://agropecuaria.org/2015/12/cambio-climatico-y-agricultura-campesina-impactos-y-respuestas-adaptativas/>
5. La degradación de los suelos en América Latina [Accessed 3 November 2017]. Available from: http://www.teorema.com.mx/contaminacion_/la-degradacion-de-los-suelos-en-america-latina/
6. NASA | Mundo | Peru21. [online]. [Accessed 11 July 2017]. Available from: <http://peru21.pe/mundo/fenomeno-nino-causa-caos-climatico-mundo-segun-nasa-2235528>
7. Mongabay.com . [online]. [Accessed 11 September 2017]. Available from: <https://global.mongabay.com/es/rainforests/0903.htm>
8. Peru21. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <https://peru21.pe/lima/fenomeno-nino-pronostican-lluvias-fuertes-tumbes-piura-febrero-marzo-210164>
9. Vanessa Jiménez. RPP Noticias [online]. [Accessed 11 July 2017]. Available from: <http://rpp.pe/peru/piura/mas-de-25-millones-de-soles-de-perdidas-en-agricultura-por-lluvias-noticia-945218>
10. El Comercio Perú. [online]. [Accessed 11 July 2017]. Available from: <http://elcomercio.pe/peru/junin/declaran-emergencia-agricultura-9-provincias-junin-269384>

11. Thalia Vivanco Correo. [online]. [Accessed 11 July 2017]. Available from: <http://diariocorreo.pe/ciudad/mas-de-s-25-millones-se-perdieron-por-nino-662732/>
12. Meteorología y Climatología by Xavier Béjar - issuu. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: https://issuu.com/xabedo/docs/libro_fecyt
13. LA PRECIPITACION. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia_cap02.pdf?sequence=8
14. EROSIÓN DE SUELOS. [online]. [Accessed 13 September 2017]. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/9/cap8.pdf8.1>
15. MINAGRI. [online]. 2014. Available from: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/erosion_suelo.pdf
16. México F., Ac, Ernesto, Hugo F. , Menes, Martínez, Oropeza, Luis, J, Saens, Mejía, González, Carrillo, Luis O., J, Mejía Saens, Enrique and Carrillo González, Rogelio. Integration of the USLE to a GIS to Estimate the Soil Erosion by Water in a Watershed of Terra Latinoamericana [online]. 2003. Vol. 21, no. 2, p. 233–244. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573155950101>.
17. Agraria De La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Cuba Almoza Hernández, González, Medina, Pérez, Ruiz, Elena, María and Brito, Alonso. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [online]. 2007. Vol. 16, no. 3, p. 84–89. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/932/93216317.pdf>
18. Huerta Fernández, Pablo and Loli Figueroa, Oscar. Ecología Aplicada. [online]. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014. [Accessed 3 February 2018]. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000100002&script=sci_arttext
19. Castro Correa, Carmen Paz and Aliaga, Cristóbal. Evaluación De La Pérdida De Suelo,. Revista de geografía Norte Grande [online]. May 2010. No. 45, p. 41–49. [Accessed 3 February 2018]. DOI 10.4067/S0718-34022010000100003. Available from:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en

20. Lourdes Figueroa-Jáuregui, M, Alicia Ibáñez-Castillo, I, Arteaga-Ramírez, Ramón, Arellano-Monterrosas, J Luis and Vázquez-Peña, Mario. Cambio De Uso De Suelo En La Cuenca De San Cristóbal De Las Casas, México Land Use Change In San Cristóbal De Las Casas Watershed, México. [online]. [accessed 3 february 2018].
21. Yeleine Almozada. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za11/pdfs/ZA11_00_art11.pdf.
22. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Revista geográfica venezolana : revista del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Forestales. [online]. Universidad de los Andes, 2015. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.redalyc.org/html/3477/347738680007/>.
23. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Revista geográfica venezolana : revista del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Forestales. [online]. Universidad de los Andes, 2015. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.redalyc.org/html/3477/347738680007/>
24. Evaluación De Los Riesgos De Erosión Hídrica Potencial y Actual y Requerimientos De Conservación - PDF. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://docplayer.es/61172654-1-1-evaluacion-de-los-riesgos-de-erosion-hidrica-potencial-y-actual-y-requerimientos-de-conservacion.html>
25. Tesis Rosmery Buendía 2015. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <https://es.slideshare.net/GIA2011/tesis-rosmery-buenda-2015>
26. Chavez, Steven. Caracterización de Tormentas en el Valle del Mantaro mediante Sensoramiento Remoto. . 2013.
27. Paul, Steven and Jara, Chávez. Caracterización de Tormentas en el Valle del Mantaro mediante Sensoramiento Remoto. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2013/TesisSChavez.pdf>
28. Rolando and Meza, Badaracco. Detección de la Salinidad en los Suelos de Cultivos de Algodón usando Imágenes de Satélite en la Costa Norte del Perú. [online]. 2012.

- [Accessed 3 February 2018]. Available from:
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3071/1/Badaracco_mr.pdf
29. Tesis Maldonado_ch.2009. Available from:
 file:///C:/Users/USER/Downloads/maldonado_ch.pdf
30. D'Amario Fernández María Julieta pdf .
31. Sicart, Jean Emmanuel, Hock, Regine,. Analysis of seasonal variations in mass balance and meltwater discharge of the tropical Zongo Glacier by application of a distributed energy balance model. *Journal of Geophysical Research* [online]. 8 July 2011. Vol. 116, no. D13, p. D13105. [Accessed 3 February 2018]. DOI 10.1029/2010JD015105. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1029/2010JD015105>
32. La Cooperación Suiza en el Perú | En el marco del Proyecto Climandes. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from:
<http://www.cooperacionsuizaenperu.org.pe/proyectos-programa-global-cambio-climatico/climandes/proyecto-noticias/3270-15> de agosto de 2016
33. Efectos Del Cambio Climático en El Perú. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <https://es.scribd.com/presentation/228133106/Efectos-Del-Cambio-Climatico-en-El-Peru>
34. Edicions upc. [no date]. ISBN 848301355X.
35. Carmen casa Castillo, Marta Alrcón, Meteorología y Clima (1999)- Pag. 87
36. Carlos Segerer, Rubén Villodas, Las Precipitaciones. [online]. 2006. [Accessed 30 October 2017]. Available from: <http://www.conosur-rirh.net/ADVDF/documentos/hidro1.pdf>
37. Carlos Segerer Ing Esp Rubén Villodas, Ing D., Ing D. UNIDAD 5: Las Precipitaciones. [online]. 2006. [Accessed 13 September 2017]. Available from: <http://www.conosur-rirh.net/ADVDF/documentos/hidro1.pdf>
38. Eduardo, Oscar, Chavez, Rodriguez, Alberto, Harold and Bautista, Arredondo. Manual Para El Manejo y Procesamiento De Imágenes Satelitales [online]. 2005. [Accessed 3 February 2018]. Available from:
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis123.pdf>

39. Plataformas, sensores y canales. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema03.pdf>
40. Metodos de estimacion de la erosion y sedimentos. pdf
41. Nacional, Patrimonio. Nuestro Suelo Patrimonio Nacional.
42. Andrés Azabache, Manual Edafología- 2013 Pag. 44
43. INIA- http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_62.pdf
44. Erosión De Suelos. Capítulo 8 [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/9/cap8.pdf>
45. Chuvieco--Emilio. Fundamentos e Teledetección. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: https://slidebr.com/download/fundamentos-de-teledeteccion-emilio-chuvieco_59ee8cfd64ab2bd201cbf44_pdf
46. Metodos de estimacion de la erosion y sedimentos. Available from: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf>
47. Asensio, Ibáñez, Ramón, Moreno, Blanquer, Gisbert and Manuel, Juan. La Ecuación Universal De Pérdidas De Suelo (usle). pdf
48. [online]. [Accessed 26 September 2017]. Available from: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf>
49. Vasquez, Absalón and Tapia, Manuel. Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. [online]. 2011. Vol. 18, no. 3, p. 42–50. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/707/70723269005.pdf>
50. Agraria De La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Cuba Medina González, Universidad, Coronado, García, Acosta, Núñez, Medina Gonzales, Hanoi, García Coronado, Jorge and Núñez Acosta, Daniel. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [online]. 2007. Vol. 16, no. 3, p. 19–24. [Accessed 27 September 2017]. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93216305RESUMEN>.
51. Rubio, Ana María and Sevilla, Gutiérrez. La Densidad Aparente En Suelos Forestales Del Parque Natural Los Alcornocales Proyecto fin de carrera. [online]. 2010. [Accessed 27

- October 2017]. Available from: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La densidad aparente en suelos forestales .pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales.pdf)
52. Analisis de Tormentas. [online]. [Accessed 3 February 2018]. Available from: <https://es.scribd.com/document/355171247/Analisis-de-Tormentas>
53. Andrades, Marisol and Muñoz, Carmen. Fundamentos de Climatología. 2012. ISBN 9788469527993. tipos de nubes
54. PULGAR, Manuel, Castro, Mariano, Chávez, Jose, Morales, Vilma, CONSTANTIN, Achim, CALAGUA, Daniel, FERNÁNDEZ, Franco and Luque, Jennifer. Guía para el Muestreo de Suelos. [online]. 2014. P. 72. Available from: <http://www.minam.gob.pe>
- 55 IGP Instituto Geofísico del Perú-Subproyecto “Pronóstico Estacional de Lluvias y Temperaturas en la Cuenca del río Mantaro para su Aplicación en la Agricultura” 2007-2010
- 56 <http://www.tecnicas-de-estudio-org>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistência.

Título de la investigación: **EFFECTOS DE LAS PRECIPITACIONES EXTREMAS EN LA EROSIÓN DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PROVINCIA DE CHUPACA DURANTE EL AÑO 2016.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		METODOLOGIA
<p>General:</p> <p>✓ ¿De qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de los suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016?</p> <p>Específicos:</p> <p>✓ ¿Cuáles son las características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas registradas en la provincia de Chupaca durante el año 2016?</p> <p>✓ ¿Cuáles son las características de las precipitaciones extremas registradas mediante imágenes satelitales en la provincia de Chupaca durante el año 2016?</p>	<p>General:</p> <p>✓ Determinar de qué manera las precipitaciones extremas influyen en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p> <p>Específicos:</p> <p>✓ Describir las características de los suelos que pueden ser erosionados por las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p> <p>✓ Describir las características de las precipitaciones extremas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p>	<p>General:</p> <p>H_i: Las precipitaciones extremas influyen en forma directa en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p> <p>H_o: Las precipitaciones extremas no influyen en forma directa en la erosión de suelos agrícolas en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p> <p>Ha: La erosión de suelos depende de otros procesos erosivos en la provincia de Chupaca durante el año 2016.</p>	<p>Antecedentes:</p> <p>- El artículo científico de los autores (VALVASSOR , y otros,2012). Que tiene como título “La evaluación potencial erosivo de las lluvias Urussanga Carolina del Sur, sin periodo “.</p> <p>- El artículo científico de los autores(DAZA, y otros, 2014). Que tiene como título “Enfoque integrado de Universal de Pérdida de Suelos Ecuación (USLE) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) para la Evaluación de Riesgos de Pérdida de Suelo en la Alta Cuenca del Sur Koel, Jharkhand “.</p> <p>-(HERNÁNDEZ, 2011), realizó la investigación: “Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos”.</p> <p>Bases Teóricas:</p> <p>Precipitaciones. -Se define precipitaciones a toda forma, que, originándose las nubes, llega hasta la superficie terrestre.</p> <p>Erosión. – la erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que realizar el hombre en su chacra. Por estas pérdidas disminuye poco a poco la profundidad del suelo y hace que pierda fertilidad.</p>	<p>Variable 1: Precipitaciones extremas</p> <p>Tipo: Independiente</p> <p>Dimensiones:</p> <p>✓ Intensidad alta ✓ Intensidad media ✓ Intensidad baja</p> <p>✓ Duración larga ✓ Duración media ✓ Duración corta</p> <p>Variable 2: Erosión de suelos agrícolas</p> <p>Tipo: Dependiente</p> <p>Dimensiones:</p> <p>✓ Erosión leve ✓ Erosión moderada ✓ Erosión severa</p>	<p>Tipo y nivel de investigación: Aplicada - Explicativo</p> <p>Método General y específico: Hipotético deductivo, y analítico</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p> <p>Tipo de diseño: Correlacional</p> <p>Población y muestra: Comprende todas las precipitaciones extremas que ocurrieron durante el año 2016 en la provincia de Chupaca en los distritos de Huáchac Y Huamancaca Chico.</p> <p>Técnicas de recolección: Técnica de observación documental, técnica de recopilación de información y secundaria.</p> <p>Técnicas de procesamiento: Técnica del método USLE, Arc Gis, Excel.</p>

Anexo N° 4. Tabla de medición de sedimentos

MEDICIÓN DE SEDIMENTOS DE HUÁCHAC														
Fecha	4/03/2017	11/03/2017	14/03/2017	18/03/2017	25/03/2017	1/04/2017	8/04/2017	14/04/2017	22/04/2017	29/04/2017	6/05/2017	14/05/2017	20/05/2017	27/05/2017
	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.
1	0	0.5	0.5	0.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7	1.9	1.5	1.9	1.6	2.1
2	0	0.1	2.2	1.8	2.2	2	2	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.9	1.7
3	0	0	1.5	2.7	1.2	1.2	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1
4	0	0.2	3.2	2	3	3	3	2.4	2.4	2.3	2.1	2.3	2.5	2.7
5	0	0	2.2	1.3	2.1	2	2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5
6	0	0.2	2.6	1.7	2.5	2.5	2.5	2.5	2.8	2.3	2.8	2.3	1	2.7
7	0.2	0.9	1.2	1.4	1.6	1.6	1.6	1.1	1	1.3	1	1.3	1.2	1.5
8	0	0.2	2	1.6	1.2	1.2	1.2	1.3	1.1	1.5	1.1	1.5	1	1.3
9	0	0.6	1	0.8	2.1	1.9	1.9	1.6	1.7	1.5	0.7	1.5	1.1	1
10	0	0	2	1	1	1	1	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6
11	0	0.6	1.7	1.3	1.6	1.7	1.7	1.8	1	1.35	1	1.35	1.1	1.5
12	0	0.45	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	0.7	1.3	1.3	1.2
13	0.1	0.8	1.7	1.5	0.6	0.6	0.6	1	1	1.3	0.9	1.3	1.1	1.3
14	0	1	1.3	1.9	1.8	1.8	1.8	1.4	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5
15	0	0	2.2	2.6	2.5	2.5	2.5	1.8	1.9	2	1.4	2	1.9	1.8
16	0.2	0.9	2.7	2.3	2.2	2	2	1.7	1.9	1.9	1.4	1.9	0.9	1.7

MEDICIÓN DE SEDIMENTOS - HUAMANCACA CHICO														
Fecha	11/03/2017	14/03/2017	18/03/2017	25/03/2017	1/04/2017	8/04/2017	14/04/2017	22/04/2017	29/04/2017	6/05/2017	14/05/2017	20/05/2017	27/05/2017	
	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	
1	0.3	0.7	0.7	0.1	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.3	0.3	0.6	0.4	
2	0.7	0.8	0.6	0.6	0.9	0.4	0.5	0.3	0.2	0.5	0.4	2	0.6	
3	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.5	0.6	0.5	0.7	
4	0.9	0.6	0.7	0.9	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7	0.8	
5	0.8	0.4	0.9	1	1.2	0.7	0.7	0.7	1	0.9	0.5	1.2	0.8	
6	1.5	1.7	0.7	0.7	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.3	0.3	0.6	0.4	
7	0.7	0.8	0.6	1.6	1.9	1.9	1	1	1.2	0.9	0.9	2	1.6	
8	0.9	0.7	1.7	1.2	0.9	1.1	0.8	0.8	0.8	0.5	0.6	1.3	1.1	
9	1	1.2	1	1	1.1	1	0.7	0.7	0.8	0.4	0.5	1.3	0.7	
10	1	1.1	1.1	1.4	1.5	1.1	1	0.8	1	0.5	0.5	1.5	1.2	
11	0.7	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	0.8	0.8	1.7	0.8	
12	0.8	0.9	0.8	0.8	1.1	0.9	1	1	1	1	0.9	1.2	0.6	
13	1.1	0.8	0.9	1	0.9	1	1	1	0.8	0.5	0.5	1	0.7	
14	1.1	0.9	1.2	1.1	1	0.4	0.4	0.7	0.5	0.7	0.4	0.6	0.6	
15	0.6	1.4	0.1	1.4	1	1.2	0.9	0.9	0.5	0.4	0.4	1	0.8	
16	1.2	1.3	0.9	1.2	1.5	1.4	1.2	1.2	1	1	0.9	1.8	1.8	

Anexo N° 5. Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación

ÁREA DE POTENCIAL INTERÉS (HA)	PUNTOS DE MUESTREO EN TOTAL
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

NOTA: para áreas superiores a las 100 hectáreas se deberá determinar el número mínimo de puntos de muestreo con la siguiente ecuación:

$$N = 0.1X + 40$$

Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos-Decreto Supremo N°002-2013 MINAM, (ECA).

Anexo N° 6. Muestreo para la identificación de textura de suelos en el distrito de Huáchac.

Puntos			
Georreferenciados	Latitud	Longitud	Altitud
1	465079	8670540	3406
2	464927	8670744	3422
3	464749	8670977	3439
4	464483	8671251	3437
5	464322	8671241	3427
6	464273	8671056	3407
7	464362	8670807	3400
8	464447	8670613	3393
9	464454	8670448	3385
10	464454	8670327	3375
11	464502	8670188	3370
12	464653	8670145	3385
13	464603	8670063	3360
14	464740	8670044	3366
15	464901	8670032	3365
16	465046	8670093	3370
17	465110	8670229	3387
18	465110	8670412	3397
19	465058	8670347	3407
20	465005	8670462	3428
21	464947	8670582	3444
22	464855	8670727	3444
23	464728	8670815	3454
24	464642	8670971	3464
25	464525	8671031	3472
26	464402	8671118	3450
27	464374	8671038	3442
28	464400	8670909	3431
29	464452	8670756	3413
30	464556	8670585	3426
31	464546	8670472	3416
32	464575	8670343	3410
33	464610	8670218	3396
34	464702	8670165	3396
35	464791	8670145	3395
36	464894	8670140	3391
37	464999	8670193	3395
38	464955	8670320	3422
39	464891	8670446	3448
40	464796	8670558	3463

41	464711	8670704	3461
42	464611	8670875	3466
43	464597	8670811	3457
44	464508	8670872	3454
45	464552	8670752	3440
46	464620	8670645	3444
47	464620	8670555	3441
48	464711	8670546	3456
49	464643	8670460	3436
50	464770	8670457	3451
51	464669	8670367	3429
52	464793	8670363	3438
53	464708	8670284	3423
54	464854	8670267	3421

Anexo N° 7. Puntos de muestreo para la identificación de textura de suelos en el distrito de Huamancaca Chico.

Puntos			
Georreferenciados	Latitud	Longitud	Altitud
1	472398	8664026	3231
2	472370	8663998	3231
3	472349	8663934	3231
4	472315	8663907	3229
5	472287	8663851	3227
6	472248	8663811	3227
7	472214	8663737	3229
8	472170	8663587	3230
9	472124	8663516	3229
10	472080	8663454	3228
11	472073	8663396	3229
12	472040	8663335	3228
13	472065	8663255	3227
14	472167	8663253	3227
15	472130	8663358	3228
16	472157	8663457	3228
17	472184	8663534	3229
18	472253	8663620	3230
19	472334	8663716	3227
20	472360	8663825	3228
21	472456	8663921	3230
22	472491	8664077	3228
23	472550	8664056	3223

24	472613	8664151	3214
25	4726611	864856	3214
26	472610	8664074	3215
27	472534	8663958	3226
28	472485	8663837	3226
29	472423	8663811	3230
30	472416	8663750	3228
31	472343	8663620	3228
32	472272	8663531	3229
33	472247	8663450	3229
34	472275	8663366	3228
35	472277	8663358	3228
36	472289	8663253	3226
37	472409	8663260	3226
38	472502	8663287	3222
39	472445	8663392	3220
40	472402	8663488	3223

Anexo N° 8. Calificación de Cobertura Vegetal.

Tabla 16: Calificación de Cobertura Vegetal.

Unidad	Área (ha)	Calificación
Bofedal (Herbazal)	3289	2
Bosques perennifolios	9162	1
Bosques secundarios	1668	1
Cultivos agropecuarios y vegetación secundaria	4138	3
Matorrales	899	2
Pajonal (Herbazal)	18311	4
Sector urbano	99	3

Fuente: Cabrejos, (2016)

Tabla 17: Clasificación Geomorfológica.

UNIDAD FISIOGRAFICAS	AREA (ha)
Cima de montaña	7917.94
Colina alta moderadamente disectada	1697.18
Ladera de montaña fuertemente empinada	7972.50
Ladera de montaña moderadamente empinada	3978.25
Piedemonte	1358.65
Vertiente montañosa fuertemente empinada	8.00
Vertiente montañosa moderadamente empinada	14613.07
Laguna	46.29

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 9. Calificación de Fisiografía

Unidad Fisiográfica	Pendiente (%)	Calificación
pedemonte	15 – 30	2
Colina alta moderadamente disectada	50 – 75	4
Cima de montaña	30 – 50	3
Ladera de montaña fuertemente empinada	50 – 75	4.5
Ladera de montaña fuertemente empinada	> 75	5
Ladera de montaña moderadamente empinada	15 – 30	2.5
Ladera de montaña moderadamente empinada	50 – 75	3.5
Vertiente montañosa fuertemente empinada	> 75	4.5
Vertiente montañosa moderadamente empinada	30 – 50	3
Vertiente montañosa fuertemente empinada	50 -75	3.5

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 10. Clasificación de Geológica

Unidad Estratigráfica	Serie	Sistema	Era
Grupo Oriente	Inferior	Cretáceo	Mesozoico
Grupo Chonta	Medio	Cretáceo	Mesozoico
Complejo del Marañón	Neo - Proterozoico		
Grupo Mitu	Paleo - Zoico Superior		
Formación Sarayaquillo	Superior	Jurásico	Mesozoico

Tabla 20: Calificación de Geología.

Unidad	Área (ha)	Calificación
Grupo Oriente	16098	2
Formación Chonta	2903	5
Complejo del Marañón	7747	3
Grupo Mitu	1392	4
Formación Sarayaquillo	9378	3

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 11. Clasificación de la Precipitación

Rango (mm)	Área (ha)	Calificación
15 - 15.5	5211.4	2.5
15.5 - 16	9918.1	3
16 - 16.5	9169.3	3.5
16.5 - 17	8601.1	4
17 - 17.5	4387.6	4.5
17.5 - 18	360.3	5

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 12. Clasificación de Suelo

Rango (%)	Área (ha)	Calificación
0 - 4	7393.59	1
4 - 8	12682.50	2
8 - 15	10485.54	3
15 - 25	5495.46	4
25 - 50	1261.48	4
50 - 75	183.94	5
> 75	62.52	5

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 13. Clasificación de la Pendiente

Rango (%)	Área (ha)	Calificación
0 - 4	7393.59	1
4 - 8	12682.50	2
8 - 15	10485.54	3
15 - 25	5495.46	4
25 - 50	1261.48	4
50 - 75	183.94	5
> 75	62.52	5

Fuente: Cabrejos, (2016)

Anexo N° 14. Determinar la textura, color y la densidad aparente de suelos agrícolas



LABORATORIO DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO

ASUNTO:	TESIS		
ASESOR:	JACINTO ARROYO ALIAGA		
GRADO:	BACHILLER		
ENSAYO:	N°1 Determinar la textura, color y la densidad aparente de suelos agrícolas.		
1 N° /TIPO DE MUESTRA	4 -		COMPUESTA
2 UBICACIÓN	CHUPACA	AREA DE MUESTRA	Huáchac- 79.239 Ha Huamancaca Chico- 32.882 Ha
PROFUNDIDAD	0.30 Cm		

1) Textura de suelos.
Método: Hidrómetro

2) Densidad aparente.
Método: Cilindro- Color

Textura				Densidad aparente de suelo	
Are (%)	Arc (%)	Limo (%)	Textura		
33.32	59.48	7.2	Huáchac- ARCILLOSO	Huáchac	1.46g/cm ³
				Color: Gris rojizo oscuro	
36.39	41.48	22.13	Huamancaca Chico- FRANCO ARCILLOSO	Huamancaca Chico	1.28g/cm ³
				Color: Rojo amarillento	

ENSAYO:	DENSIDAD Y TEXTURA DE SUELOS AGRÍCOLAS	 SELLO	 FIRMA
BACHILLER:	APELLIDOS Y NOMBRES PAUCARCHUCO ORTIZ MARIA VITORIA	CÓDIGO - FIRMA 46960650	

Anexo N° 15. Datos históricos de la estación Huayao y Viques - 2016.

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VIQUES												
TEMPERATURA (°C)	13.2	13.1	13.2	12.9	11.6	10.4	10.0	11.1	12.4	13.5	13.9	13.6
PRECIPITACIÓN (mm)	159.0	132.6	116.8	40.1	7.0	2.9	4.5	7.6	19.2	46.9	76.7	118.7
HUAYAO												
TEMPERATURA (°C)	10.8	10.9	10.5	9.4	7.6	5.5	4.9	6.5	8.5	10.0	11.0	11.0
PRECIPITACIÓN (mm)	128.9	99.4	87.6	39.5	8.5	4.4	2.3	6.2	20.1	39.6	54.4	82.7

Anexo N° 16. Clasificación de la intensidad de Precipitaciones

Intensidad	mm/h	Criterios
Ligera	(5 - 10)	Las precipitaciones son intensas en forma de Chubasco. El acumulado en lluvia no debe ser menos a 5 mm en una hora, pero el total no debe superar a los 10 mm.
Moderada	(10 - 15)	Las precipitaciones son intensas en forma de chaparrones o chubasco. El acumulado en lluvia no debe ser menos a 10 mm en una hora y el total no debe ser mayor a 15 mm. Excepcionalmente pueden darse precipitaciones menores a 10 mm pero no debe exceder los 15 mm.
Fuerte	(15 - 20)	Las precipitaciones son intensas en forma de chaparrones o chubasco, acompañado de granizada y rayos permanentes. El acumulado en lluvia no debe ser menos a 10 mm en una hora, pero el total no debe ser menor a 15 mm ni superar los 20 mm. Excepcionalmente el acumulado de una hora puede ser de 5 mm.
Extremo	(20 - 25 >)	Las precipitaciones son intensas en forma de chaparrones o chubasco, acompañado de granizada, pedrisco y rayos permanentes. El acumulado en lluvia no debe ser menos a 15 mm por hora, pero el total no menor a 20 mm aunque sí puede superar los 30 mm. Generalmente el acumulado de una hora excede los 20 mm.

Fuente: Arroyo y otros (2014)

Anexo N° 17. Clasificación de la degradación por Erosión

Clase de degradación	Pérdida de suelo (Ton/Ha/Año)
Ninguna ó ligera	< 10
Erosión baja	10-25
Erosión moderada	25-50
Erosión alta	50-100
Erosión muy alta	> 100

Fuente: Almonza y otro Colombia (2009)

Anexo N° 18. Instalación de parcelas para la medición de sedimentos Huáchac y Huamancaca Chico.



Fotografía N°5. Instalación de la 1° parcela para la medición de sedimentos- Huáchac
Coordenadas: Este 472593, Norte 8664106, Elevación 3238.



Fotografía N°6. Instalación de la 2° parcela para la medición de sedimentos-
Huamancaca Chico
Coordenadas: Este 465079, Norte 8670074, Elevación 3383.



Fotografía N°7. Medición de sedimentos- Huáchac.



Fotografía N°8. Medición de sedimentos- Huamancaca Chico



Fotografía N°9. Medición de sedimentos- Huamancaca Chico.



Fotografía N°10. Medición de sedimentos- Huáchac



Fotografía N°11. Medición de sedimentos- Huamancaca Chico



Fotografía N°12. Medición de sedimentos- Huáchac

Anexo N° 19. Materiales usados en la recolección de muestras. - Huáchac y Huamancaca Chico



Fotografía N°13. Muestreador de suelos



Fotografía N°14. Picota de roca



Fotografía N°15. Pico geológico



Fotografía N°16. Bolsas térmicas



Fotografía N°17. Recolección de muestra de suelo con el uso de muestreador- Huáchac



Fotografía N°18. Realización de calicatas- Huáchac



Fotografía N°19. GPS



Fotografía N° 19. Regla de aluminio



FotografíaN°20. Recolección de muestras de suelos



FotografíaN°21. Muestra para determinación el volumen de suelo.



FotografíaN°22. Recolectando el suelo donde se determinó de densidad aparente del suelo con el muestrador – Huamancaca Chico



FotografíaN°23. Recolección y realización para el cuarteo



FotografíaN°24. Muestras de la zona de Huachac.



FotografíaN°25. Muestras para determinar la textura de suelo.



FotografíaN°26. Georreferenciación

Anexo N°20

Materiales, equipos y reactivo usados en laboratorio donde se determinó la textura y densidad aparente de suelo de Huáchac y Huamancaca Chico.



Fotografía N°27. Horno



Fotografía N°28. Balanza analítica 0.01



Fotografía N°29. Máquina dispersante con vaso metálico



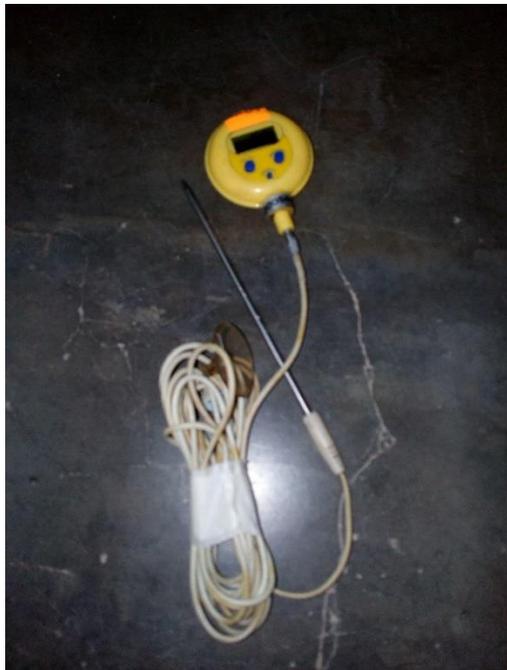
Fotografía N°30. Hidrómetro de Bouyoucos



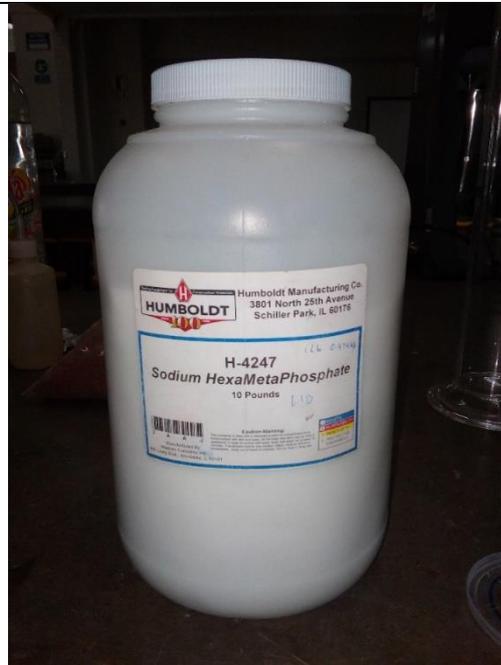
FotografíaN°31. Tamiz N° 10



FotografíaN°32. Taras



FotografíaN°33. Termómetro



FotografíaN°34. Reactivo hexametafosfato de sodio (para la determinación de textura de suelo).



FotografíaN°35. Tabla Munsell



FotografíaN°36. Pizeta



FotografíaN°37. Probeta de sedimentos (bouyoucos)



FotografíaN°38. Muestra seca (donde se determinó la textura)



FotografíaN°39. Disolviendo el reactivo (hexametáfosfato de sodio).



FotografíaN°40. Medición de volumen ya disuelto del reactivo (hexametáfosfato de sodio)



FotografíaN°41. Finalización del experimento