

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**TIPOLOGIA DE LAS LLUVIAS EN UNA CUENCA SEMIARIDA**

**DEL NORTE DE MEXICO**

**ESEQUIEL JURADO MEDINA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION**

**TORREON, COAHUILA**

**MARZO 1998**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TIPOLOGIA DE LAS LLUVIAS EN UNA CUENCA SEMIARIDA

DEL NORTE DE MEXICO

ESEQUIEL JURADO MEDINA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

ASESOR PRINCIPAL:

M.C. CARLOS EFREN RAMIREZ CONTRERAS

ASESORES:

Dr. LUC DESCROIX

M.C. JUAN ESTRADA AVALOS

TESIS QUE SOMETE A CONSIDERACION EL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

APROBADA POR:

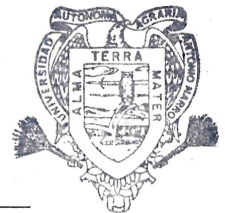
  
M.C. CARLOS EFREN RAMIREZ CONTRERAS  
PRESIDENTE

  
Dr. LUC DESCROIX  
VOCAL

  
M.C. JUAN ESTRADA AVALOS  
VOCAL

  
M.C. ABEL ROMAN LOPEZ  
VOCAL SUPLENTE

  
ING. LUIS FELIPE ALVARADO MARTINEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONOMICAS



COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
UAAAN UL

## **DEDICATORIA.**

### **A MIS PADRES :**

**Ladislao Jurado y Josefa Medina :**

**Por haber depositado toda su confianza en mi.**

**Por el apoyo y cariño incondicional que siempre encontré en ellos, pero sobre todo por haberme regalado la vida...Gracias.**

### **A MIS HERMANOS :**

**Antonio,Victor,Gabriel y Ayde.**

**Por todo el apoyo brindado y sobre todo por formar parte fundamental de mi vida.**

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS :**

**Por compartir conmigo todos aquellos momentos buenos y difíciles de mi vida.**

## AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro "Unidad Laguna". Por permitirme realizar mis estudios profesionales de una forma satisfactoria.

Al Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en cooperación (ORSTOM). Por el apoyo brindado al hacer posible la realización de este trabajo.

Al personal que labora en el departamento de "Riego y Drenaje", en especial a los maestros por el interés y paciencia que siempre tuvieron para transmitir sus conocimientos.

Al M.C. Carlos Efrén Ramírez Contreras. Por su amistad, asesoría y apoyo brindado a lo largo de toda mi carrera profesional.

Al M.C. Juan Estrada Avalos. Por la amistad brindada y sus desinteresadas sugerencias para el buen desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Oscar de Avila Martínez. Por su amistad que siempre me brindo y por todo el apoyo que de él recibí.

A la L.S.C. Laura Verónica Macías. Por haberme brindado su amistad y apoyo en la realización de éste trabajo.

A todas aquellas personas que no fue posible mencionar y que de alguna forma participaron en el desarrollo de mi carrera profesional.

# CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO</b> .....	3
<b>3. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
3.1 Clima de la región hidrológica 36.....	4
3.1.1. variabilidad climática.....	4
3.2. Régimen pluviométrico.....	6
3.3. Relación Pluviometría-Altitud.....	9
3.4. Factores que influncian las precipitaciones locales en la RH36.....	10
3.5. Resumen de la revisión de literatura.....	12
<b>4. MATERIALES Y METODOS</b> .....	13
4.1. Localización y descripción general de la zona de estudio.....	13
4.2. Materiales y Equipo utilizado.....	14
4.2.1. Equipo de campo.....	14
4.2.2. Equipo electrónico.....	15
4.2.3. Programas de computo.....	15
<b>4.3. METODOLOGIA</b> .....	16
4.3.1. Recolección de datos.....	16
4.3.2. Procesamiento de los datos.....	17
4.3.2.1. Tratamiento de los datos pluviograficos de registro mecánico a partir de la digitalización.....	17
4.3.2.2. Tratamiento de pluviógrafos electrónicos.....	19
4.3.2.3. Reconstitución de una matriz de lluvias acumuladas a lluvias diarias a partir de los pluviógrafos.....	20
4.3.2.4. Tratamiento de los datos a partir de surfer.....	20
4.3.2.5. Establecimiento de la matriz de cobertura por cada una de las lluvias.....	22
4.3.3. Relación Altitud - Pluviometría.....	23
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	24
5.1. Caracterización espacial de la lluvia.....	24

5.2. Ecuaciones de Ajuste.....	33
5.3. Relación Altitud-Precipitación.....	35
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>38</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>40</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1	Principales climas que predominan en la RH 36.....	5
Cuadro 2	Distribución mensual de las precipitaciones en la cuenca del Nazas (en porcentaje del total anual).....	8
Cuadro 3	Resultados de las superficies obtenidas para la precipitación de 2 a 4 mm.....	23
Cuadro 4	Porcentajes de superficies cubiertas por cada uno de los rangos observados de precipitación para el mes de Junio.....	25
Cuadro 5	Porcentajes de superficies cubiertas por cada uno de los rangos observados de precipitación para el mes de Julio.....	27
Cuadro 6	Promedio diario de los rangos de lluvia en cada uno de los meses con respecto a la superficie cubierta.....	32
Cuadro 7	Valores observados y estimados de la superficie para cada uno de los meses y temporada de lluvias.....	34
Cuadro 8	Valores de las ecuaciones y coeficientes de regresión para cada periodo observado.....	35

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica de la RH 36 en la República Mexicana.....	2
Figura 2	Subregiones geoclimáticas de la RH 36.....	3
Figura 3	Régimen Pluviométrico.....	7
Figura 4	Porcentajes de superficie cubierta obtenidos para el mes de Junio.....	26
Figura 5	Porcentajes de superficie cubierta obtenidos para el mes de Agosto.....	28
Figura 6	Porcentajes de superficie cubierta obtenidos para el mes de Septiembre....	29
Figura 7	Porcentajes de superficie cubierta obtenidos para el mes de octubre.....	30

## 1.INTRODUCCIÓN

En la realización del presente trabajo fue necesario ubicar la zona de estudio dentro de su contexto regional para una mejor comprensión del fenómeno de la precipitación. Así, el área estudiada se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica 36 (RH36) que comprende a las cuencas hidrológicas del río Nazas, Aguanaval y parte sur del Bolsón de Mapimí, de acuerdo a la división de 37 Regiones que ha realizado la Comisión Nacional del Agua dentro del territorio Nacional (Fig. 1).

Ubicada en las mesetas continentales del Norte de México, la RH36 presenta en la mayor parte de su superficie un clima semiárido, aunque en su parte occidental, donde se apoya en la sierra madre, que se caracteriza por un clima subhúmedo de montaña.

La pluviometría dentro de la RH36 tiene gran variabilidad espacial dado que la lluvia anual disminuye de 900 mm en la parte alta de la cuenca Nazas en el parteaguas con el pacífico, a menos de 200 mm en las lagunas endorréicas de viesca y de mayrán. Las isoyetas anuales de 500 mm y 300 mm son bastante representativas para dividir la RH36 en tres subregiones geoclimáticas (Figura 2 ).

- Una parte alta con más de 500 mm en la Sierra Madre Occidental, que es una zona montañosa y forestal.
- Una zona intermedia con una pluviometría de 300 a 500 mm, que abarca la cuenca del Aguanaval y la parte media de la cuenca del Nazas.



Figura 1. Ubicación geográfica de la RH 36 en la República Mexicana.

- Una parte baja semiárida y árida con pluviometría inferior a los 300 mm, y a veces de menos de 200 mm, como en el centro de las lagunas de Viesca y Mayrán..

Desde 1991 la RH36 a sido objeto de diferentes estudios hidrológicos por parte de un grupo de investigadores Mexicanos y Franceses pertenecientes al CENID RASPA<sup>1</sup> y ORSTOM<sup>2</sup> respectivamente. Dentro de este proyecto conjunto de investigación, se realiza un estudio hidrológico puntual de la parte alta de la subcuenca Cañón Fernández (parte intermedia de la RH36, Figura 1). El presente estudio se realiza dentro de esta zona, en una superficie de 45,000 has pertenecientes en su mayoría al Rancho Atotonilco.

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera.

<sup>2</sup> Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación.

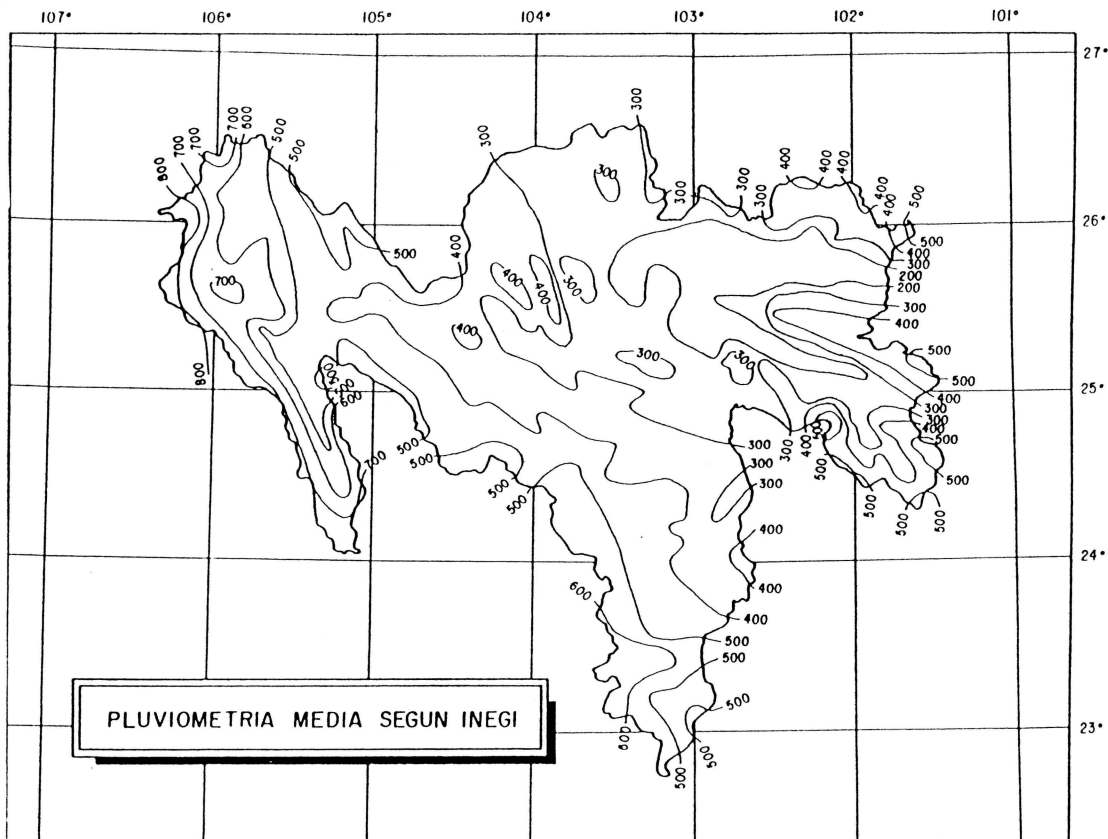


Figura 2. Subregiones geoclimáticas de la RH 36.

## 2.OBJETIVO

El principal objetivo del presente trabajo es el de **caracterizar la pluviometría diaria observada en una superficie de 45,000 has.** mediante una red de 50 pluviómetros. De igual manera, el **establecer la relación precipitación-altitud** a partir de un transecto de pluviómetros seleccionados en una gradiente altitudinal que va de los 1590 a 2200 msnm.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Clima de la región hidrológica 36.

El régimen hidrológico de una región, se determina básicamente por las características físicas del clima, los factores climáticos más importantes son la precipitación y la evaporación, como fuente y demanda de agua, respectivamente (García 1993). Otras variables climáticas importantes son la temperatura, la humedad atmosférica y el viento, ya que son los factores determinantes de la evaporación.

La integración de los factores mencionados líneas arriba conduce a la caracterización del clima mediante métodos diversos. El empleado en este documento es el de Köppen modificado por E. García (García 1964) y que se encuentra registrado en la carta de climas (Escala 1: 1,000,000) editada por el INEGI (INEGI 1970).

##### 3.1.1. Variabilidad climática.

De acuerdo a García 1993, se identifican 24 tipos climáticos a lo largo de toda la Región Hidrológica con dominio espacial muy variable. Sin embargo, los primeros diez climas de la región en la que se describe cada uno de ellos cubre más del 95 por ciento de la superficie.

En el Cuadro 2 se aprecia que en el 65 por ciento de la superficie de la RH36 predominan los climas denominados por García (1964) como Bwhw, Bs1Kw(w) y BS1kw, siendo los que describen climas muy secos semicalidos, con casi el 35 por ciento de la superficie, a semisecos templados que comprenden poco más del 30 por ciento.

A continuación en el cuadro 2 se describen cada uno de los 10 principales climas representativos de la Región, encontrando la descripción del total de ellos en el Anexo 1.

**Cuadro 1. Principales climas que predominan en la RH 36.**

Clima	Superficie km <sup>2</sup>	Porcentaje por ciento
BWhw	31,534	34
BS1Kw(w)	15,525	16.5
BS1kw	14,291	15.4
BSohw	6,096	6.6
BSohw(w)	5,045	5.4
C(wo)	4,697	5.1
C(E) (w2)	3,197	3.4
BSokw(w)	3,077	3.3
BSokw	2,898	3.1
BWhw(w)	2,377	2.6
otros	4,243	4.6
Total	92,707	100

Es importante mencionar que la gran variación de los climas en toda la región hidrológica pueden estar influenciadas por las distintas formaciones orográficas ya que la altitud tiene un rango que supera los dos mil metros (entre 1000 y 3000 msnm ). Todo ello tiene influencia sobre todo en los patrones de distribución pluviométricos que marcan no solo el clima de la RH36 sino el clima de la mesa central del Norte de la República. A continuación se describen los diferentes regímenes pluviométricos que se presentan en el Norte de México y que tienen influencia sobre el clima.

### 3.2. Régimen pluviométrico.

El clima general del Norte de México está regido esencialmente por su situación en latitud Norte del Trópico de Cáncer y por su relieve. La RH36 se extiende esencialmente al norte del trópico de cáncer ( de  $23^{\circ} 00'$  a  $26^{\circ} 30'$  de latitud Norte ), aunque gran parte de la misma se ve influenciada por el clima tropical, presentando los siguientes regímenes de lluvia de acuerdo a Descroix et al, (1996):

- De diciembre a junio, el régimen es semejante al de las latitudes subtropicales: grandes zonas anticiclónicas de los  $25^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , en fachada occidental de continente (Figura 3.) . Los vientos del Este, dominantes a estas latitudes, no penetran mucho el continente, solo alcanzan la llanura costera del Golfo: todos los altiplanos están bajo el régimen de altas presiones subtropicales, así como el litoral del pacífico.

-De junio a noviembre, las altas presiones quedan estacionadas sobre el extremo Noroeste de México y la california americana (con presencia de un desierto costero), y el altiplano mexicano está entonces penetrado por aire oceánico procedente del Este y del Oeste (Santibañez et al 1992 ):

\*Las masas de aire húmedo procedentes del Golfo de México se secan al pasar la Sierra Madre Oriental (cuya altitud es localmente de 3500 a 4000 metros), pero pueden aportar una inestabilidad que propicie la ocurrencia de lluvias de convección. Sin embargo, la RH36, por su posición en latitud, está ubicada al extremo Norte de las zonas influenciadas por los aliseos. y aparte esta abrigada por las cumbres de la Sierra Madre Oriental;

\*Las masas de aire del pacífico encuentran las anteriores sobre la Sierra Madre Occidental, formando el "Frente Tropical Mexicano" (Climatología de México), ubicado a 10 ó 15 grados más al Norte que al frente Intertropical. Esto crea una inestabilidad que tiene como consecuencia una pluviometría elevada, esto siendo reforzado por el efecto orográfico: pocas cumbres superan los 3300 metros de altitud, pero hay muy pocos puertos abajo de los 2500 metros.

### 3.2. Régimen pluviométrico.

El clima general del Norte de México está regido esencialmente por su situación en latitud Norte del Trópico de Cáncer y por su relieve. La RH36 se extiende esencialmente al norte del trópico de cáncer ( de  $23^{\circ} 00'$  a  $26^{\circ} 30'$  de latitud Norte ), aunque gran parte de la misma se ve influenciada por el clima tropical, presentando los siguientes regímenes de lluvia de acuerdo a Descroix et al, (1996):

- De diciembre a junio, el régimen es semejante al de las latitudes subtropicales: grandes zonas anticiclónicas de los  $25^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , en fachada occidental de continente (Figura 3.) . Los vientos del Este, dominantes a estas latitudes, no penetran mucho el continente, solo alcanzan la llanura costera del Golfo: todos los altiplanos están bajo el régimen de altas presiones subtropicales, así como el litoral del pacífico.

-De junio a noviembre, las altas presiones quedan estacionadas sobre el extremo Noroeste de México y la california americana (con presencia de un desierto costero), y el altiplano mexicano está entonces penetrado por aire oceánico procedente del Este y del Oeste (Santibañez et al 1992 ):

\*Las masas de aire húmedo procedentes del Golfo de México se secan al pasar la Sierra Madre Oriental (cuya altitud es localmente de 3500 a 4000 metros), pero pueden aportar una inestabilidad que propicie la ocurrencia de lluvias de convección. Sin embargo, la RH36, por su posición en latitud, está ubicada al extremo Norte de las zonas influenciadas por los aliseos. y aparte esta abrigada por las cumbres de la Sierra Madre Oriental;

\*Las masas de aire del pacífico encuentran las anteriores sobre la Sierra Madre Occidental, formando el "Frente Tropical Mexicano"(Climatología de México), ubicado a 10 ó 15 grados más al Norte que al frente Intertropical. Esto crea una inestabilidad que tiene como consecuencia una pluviometría elevada, esto siendo reforzado por el efecto orográfico: pocas cumbres superan los 3300 metros de altitud, pero hay muy pocos puertos abajo de los 2500 metros.

- A partir del final de agosto, pero sobre todo a fines de septiembre y en octubre, las colas de ciclones, principalmente los que se forman en el pacífico, pueden atravesar el obstáculo de la Sierra Madre Occidental y provocar precipitaciones importantes (pero de poca intensidad con larga duración, pues la mayor proporción de la humedad está liberada sobre el litoral y la fachada occidental de la Sierra) sobre las cumbres y la vertiente interior (oriental) de la Sierra Madre Occidental: así, los 13 y 14 de octubre de 1994, la cola de una tormenta tropical alcanzó la ciudad de Durango ( donde la precipitación fue de 70 mm en 24 horas) y Torreón (30 mm ). En 1996, otra cola de ciclón cruzó la Sierra Madre Occidental los 3, 4 y 5 de octubre (100 mm en Durango y 60 mm en Torreón).

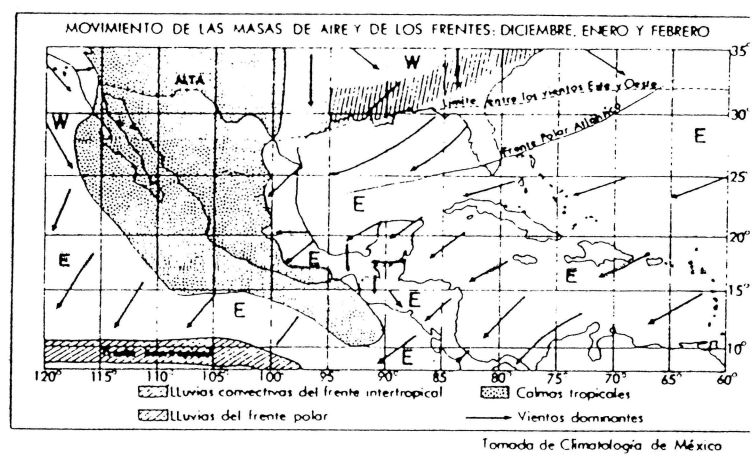
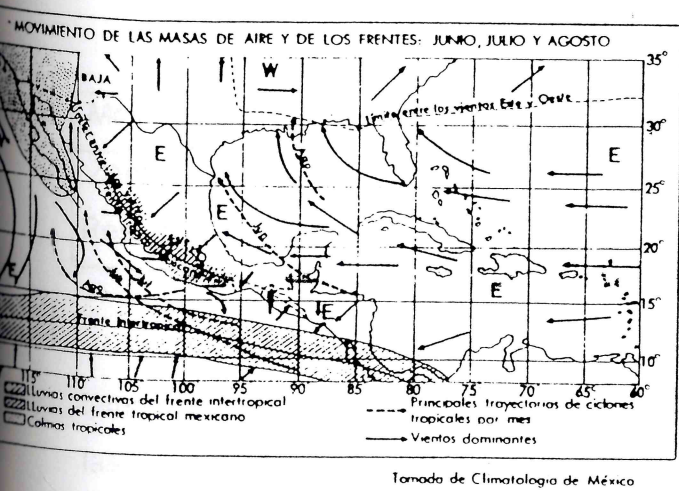


Figura 3. Régimen pluviométrico.

La repartición de las precipitaciones, o régimen pluviométrico, presenta una gran homogeneidad de la zona subhúmeda a la zona árida. El perfil medio fue definido a partir de 60 estaciones, repartidas en toda la cuenca, utilizando la CAJ (Clasificación Ascendente Jerárquica). La temporada de lluvias de verano, que dura de junio a septiembre, representa un 78 por ciento del total anual de las precipitaciones, con un máximo en agosto. Las lluvias de invierno no rebasan un 8 por ciento de este total. Sin embargo, un análisis más fino permite distinguir una zona Norte y Noreste que, más expuesta a las pocas entradas de aire del Este, colas de ciclones atlánticos, y del Noreste, originarias de frentes polares, se caracteriza por una distribución de las lluvias de verano más llana cuyo total es inferior al 70 por ciento del total anual, las lluvias de invierno alcanzando 12 por ciento y las lluvias de octubre también más abundantes esto se muestra en el cuadro 2.

**CUADRO 2:** Distribución mensual de las precipitaciones en la cuenca del Nazas (en porcentaje del total anual )

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zona N-NE	3.9	2.2	1.1	2.6	6.0	13.5	17.2	19.7	18.1	8.0	3.3	4.4
Rest. Nazas	3.0	1.1	0.7	1.6	3.5	12.9	22.3	24.2	18.4	6.9	2.4	3.2

De hecho, al contrario de lo que se nota de costumbre, aquí la irregularidad temporal de las precipitaciones aumenta con el aumento del total de éstas. Parece que las lluvias de invierno son más o menos las mismas, en valor absoluto en toda la región, y por consecuencia, son del mismo régimen. En cambio, en verano, la existencia de un gradiente pluviométrico positivo en el sentido Noreste a Suroeste, explica el mayor porcentaje de precipitaciones de invierno en la parte seca de la RH36, el mes de marzo es el más seco. (DESCROIX *et al* 1993 ).

### 3.3.Relación Pluviometría-Altitud.

El gradiente altitudinal explica bastante bien la repartición espacial de las precipitaciones anuales: la temperatura se reduce con el incremento de la altitud, la condensación está facilitada, y las lluvias aumentan; esto se añade al más sencillo papel de obstáculo orográfico, relacionado con la rugosidad del relieve, que es casi general y exagerada por el hecho que por lo general, los relieves son cubiertos de bosques (Escourrou, 1980).

Cabe señalar que en el caso de la RH 36, y debido al paralelismo del eje de la Sierra Madre Occidental con el litoral (la orientación de los dos está relacionada geológicamente), es difícil distinguir el papel del gradiente altitudinal del de la distancia al Océano: efectivamente, en la vertiente interior (oriental) de la Sierra Madre Occidental, la disminución de altitud es proporcional al alejamiento del océano.

Para la RH36, la relación lluvia-Altitud tiene la forma siguiente (para los años 1941-1990):

$$P = (0.3 * \text{Alt}) - 97 \qquad R^2 = 0.74 \text{ (para 59 estaciones)}$$

Al separar las dos principales sub-cuencas (Nazas y Aguanaval), cuyas orientación y dirección difieren sensiblemente, resulta:

Para la cuenca del Nazas

$$P = (0.32 * \text{Alt}) - 128 \qquad R^2 = 0.78$$

Para la cuenca del aguanaval

$$P = (0.21 * \text{Alt}) + 5 \qquad R^2 = 0.80$$

Otra forma :

o 
$$P = (852 * \log (\text{Alt})) - 2286 \qquad R^2 = 0.85$$

El gradiente es de 32 mm/ 100 m en la cuenca del Nazas, y de 21 mm/ 100 m en la cuenca del Aguanaval; esta diferencia importante se puede explicar de la siguiente forma:

\*Un relieve más vigoroso ( crestas más elevadas, valles más profundos), lo que incrementa los efectos de obstáculos y de abrigos topográficos y probablemente el efecto de foehn;

\*El hecho que la alta cuenca del Río Aguanaval no está en contacto con los relieves más altos de la Sierra Madre Occidental, pero ya en un parteaguas secundario: las masas de aire, procedentes del suroeste, que la alcanzan, ya no tienen tanta humedad que en la Sierra Madre, lo que compensa su ubicación más meridional, a priori más húmeda.

### 3.4. Factores que influyen las precipitaciones locales en la RH36.

**La altitud.** Al nivel local existen de las tres series de cuencas que se estudiaron para el balance hidrográfico de la RH36, también se nota obviamente un gradiente altitudinal de la pluviometría anual media.

-- en la zona árida, la cuenca de la Ventana (3 km<sup>2</sup>) está equipada con 8 captos pluviométricos y se notó un gradiente de sólo 3.3 mm / 100 m lo que se debe probablemente al clima árido;

-- en la zona semiárida, con resultados preliminares de lluvia en la cuenca de Atotonilco (350 km<sup>2</sup>), se encontró un gradiente altitudinal de 34 mm / 100 m;

-- en la parte subhúmeda, se midió el gradiente altitudinal de la pluviometría mediante unos transectos que interesan todos los tipos de orientación, desde el parteaguas con la vertiente pacífica de la Sierra Madre Occidental hasta el límite con la zona semiárida. Se calculó un gradiente medio de 38 mm/ 100 m.

**Otros factores.** Para analizar a nivel local todos los factores que se conocen y que pueden influenciar la pluviometría, Descroix et al (1998) realizó un análisis factorial de correspondencia (AFC), a fin de poder incluir en este estudio variables no cuantitativas. Se utilizaron de nuevo una de las variables numéricas ya utilizadas, pero dándoles una clave cualitativa.

Considerando únicamente las dos primeras componentes ( que sólo explican 40 por ciento de la varianza), la AFC permitió agrupar las variables en cuatro conjuntos de los cuales los dos últimos tienen muchas interconexiones.

- \* el primero agrupa precipitaciones muy bajas con poca vegetación, gran distancia al océano, planicie, altitud baja, son las estaciones de la zona árida.

- \* el segundo conjunto precipitaciones bajas a medias, densidad vegetal media, sitios de puerto y piedemonte, distancia media al océano, altitud entre 1200 y 1600 m, exposición al Norte y al Este mayoritariamente este grupo corresponde a los alrededores Norte, Oeste y Sur de la Laguna.

- \* el tercer grupo corresponde a una pluviometría media (400-500 mm), una vegetación bastante densa, una distancia al océano pequeña (250-300 km), una altitud grande (1600-200 m), exposiciones variadas de los valles y vertientes de la Sierra Madre y a algunas partes altas de la cuenca del Aguanaval;

- \* el último grupo contiene las mayores densidades vegetales y la cercanía del océano, que son las características de las estaciones más altas de la Sierra. .

### 3.5. Resumen de la revisión de la literatura.

Dentro de los 24 tipos climáticos que se identificaron en la RH 36, el clima muy seco semicálido (Bwhw) es el que destaca cubriendo una superficie del 34 por ciento, seguido de los climas semisecos templados (BS1kw (w) y BS1kw) con un 16.5 y 15.4 respectivamente, los otros climas cubren menos del 10 por ciento cada uno.

En lo que se refiere a precipitación, la mayoría de la aportación se presenta en la temporada de lluvias de verano iniciando en el mes de junio y concluyendo en septiembre, de los cuales el mes de agosto presenta una máxima de ocurrencia de eventos. Las precipitaciones invernales son muy escasas, pero pueden volverse interesantes debido a la presencia de las colas de ciclones que nacen principalmente en el pacífico y atraviesan la Sierra Madre Occidental provocando precipitaciones importantes.

La relación Precipitación -Altitud es un factor muy importante para poder explicar la repartición espacial de la precipitación dentro de una zona de estudio. En el caso de la Región Hidrológica 36 la relación Lluvia-Altitud presentó la forma siguiente:

$$P = (0.3 * \text{Alt}) - 97 \quad R^2 = .74$$

Al separar las dos principales sub-cuencas (Nazas y Aguanaval), cuyas orientación y dirección difieren sensiblemente, resulta:

Para la cuenca del Nazas

$$P = (0.32 * \text{Alt}) - 128 \quad R^2 = 0.78$$

Para la cuenca del aguanaval

$$P = (0.21 * \text{Alt}) + 5 \quad R^2 = 0.80$$

El gradiente es de 32 mm/100 m en la cuenca del Nazas y de 21 mm/100 m en la del aguanaval.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Localización y descripción general de la zona de estudio.

La zona de estudio se localiza dentro de la región hidrológica 36 (RH36), que la comprenden las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval. Cubre una superficie de alrededor de 90.000 km<sup>2</sup>, y presenta una alternancia de zonas montañosas, de piemonte y de planicies, con altitudes que varían de 1000 a 3000 m.s.n.m. La RH 36 queda comprendida entre los paralelos 22° 40' y 26° 35' de latitud norte y entre los meridianos 101° 30' y 106° 20' de longitud oeste (Figura 4), abarcando los estados de Durango, Zacatecas, y Coahuila, con mayor proporción en el primero.

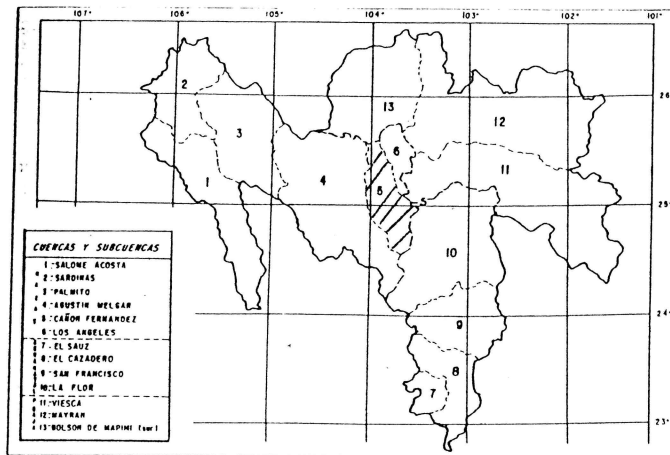


figura 4. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

La zona de interés para el desarrollo del presente trabajo, se encuentra dentro de la hacienda Atotonilco que hidrológicamente forma parte de la subcuenca cañón de Fernández (figura 4). La hacienda Atotonilco, del municipio de Cuencamé Durango, es una de las más grandes y prestigiadas de la república mexicana por su calidad de producción, cuenta con una extensión de 45,000 Has. De las cuales aproximadamente el 30% son lomeríos suaves. La única finalidad económica del rancho es la cría de ganado hereford, con fines exclusivos de exportación hacia los Estados Unidos.

El recurso agua dentro de la hacienda consiste de 46 pozos equipados con bombas diesel y de tipo eólico llamados papalotes (INEGI 1972,1976 y ANAYA; 1993 ), las dimensiones de cada pozo son de una pulgada de diámetro y de 80 a 200 m de profundidad, encontrándose el espejo de agua, en promedio, a 35 m de profundidad. Cada pozo abastece a 8 bebederos, lo que corresponde a 368 unidades, pero en realidad hay un total de 700 bebederos en el rancho, o sea, existen unos 332 más con otras formas de abastecimiento. Por ejemplo, en el casco del rancho existe un pozo de 16 pulgadas de diámetro con un flujo de 16 litros por segundo. Asimismo, hay tres ojos de agua que alimentan a un estanque así como unas 12 represas diseminadas, mismas que guardan agua de 3 a 6 meses después del fin de la temporada de lluvias.

Cada bebedero tiene una capacidad de 7,000 litros, siendo el número promedio de vacas que abrevan en un mismo bebedero de 30 cabezas diarias, con un consumo de 50 litros de agua por cabeza y por día, o sea de 1500 lts. por bebedero.

## **4.2. Materiales y Equipo Utilizado.**

### **4.2.1. Equipo de Campo.**

Dentro de la zona de estudio se cuenta con una red de 33 totalizadores que permiten la observación de la lluvia precipitada. Los tubos pluviométricos totalizadores con los que se cuenta son de fabricación local, (tubos de lámina de acero de 1.30 m. de largo, cilíndricos con un diámetro interior de 400 cm<sup>2</sup>). Se encuentran parcialmente enterrados en forma vertical; la parte superior del tubo se localiza a un metro del suelo. Cada pluviómetro tiene una cierta cantidad de aceite quemado que evita la evaporación de la lluvia recolectada.

Además de los totalizadores, se cuenta con 10 pluviógrafos que permiten medir las intensidades de lluvia de cada evento. Del total de los pluviógrafos, siete son mecánicos de tipo sifón y tres electrónicos. También se cuenta con 5 pluviómetros dentro de la misma zona. Asimismo, se requirió del siguiente equipo para el buen desarrollo del presente trabajo:

#### **4.2.2. Equipo electrónico:**

Computadora PC e impresora. Herramienta de trabajo, en la actualidad prácticamente indispensable, que facilita los cálculos y operaciones necesarios para la realización de este trabajo mediante paquetes específicos de computo (Surfer, Excel, Pluviom, Plugraphe, Visual).

Meza digitalizadora.-Se utiliza para la captación de los datos de los pluviogramas, a través de un ratón o mouse (paleta digitalizadora).

GPS (Global Position System), permite conocer la ubicación exacta de los totalizadores. Se utiliza para determinar las coordenadas geográficas de cada uno de los totalizadores.

TD (lector de pluviógrafos electrónicos). Permite programar y conocer la información registrada por los pluviógrafos electrónicos.

#### **4.2.3. Programas de computo.**

SURFER: Programa que permite la interpolación espacial de valores observados tales como la precipitación. La interpolación se puede realizar utilizando diferentes métodos como KRIGING, Inversa distancia, etc.

EXCEL. Es una hoja de cálculo que permite realizar diferentes operaciones necesarias para el desarrollo del presente trabajo. Se realizaron gráficas donde logramos determinar la relación que existe entre la precipitación y la superficie cubierta por esta. También fue posible construir la matriz original a partir de los datos generados de los totalizadores y pluviógrafos.

PLUVIOM (Programa ORSTOM). Programa que permite el tratamiento de los datos observados en el campo con el objeto de eliminar errores y ambigüedades en los resultados. Este programa permite el almacenamiento y ordenamiento de los datos pluviográficos tanto electrónicos (almacenamiento electrónico) como mecánicos (através de la digitalización de los pluviogramas).

PLUGRAPH (Programa ORSTOM). Programa que sirve en el análisis de la información pluviográfica, una vez que fue tratada por Pluviom, permitiendo obtener una serie de características relativas a los eventos lluviosos tales como: hietogramas centrados con un paso de tiempo fijo, lluvias útiles, intensidades observadas a diferentes paso de tiempo, etc.

VISUAL (Programa ORSTOM). Sirve para transferir los datos almacenados en los cartuchos de los pluviógrafos electrónicos a una computadora portátil para posteriormente ser integrados y tratados por Pluviom.

### **4.3. Metodología.**

#### **4.3.1. Recolección de datos.**

Después de cada evento de lluvia se realizó un recorrido por toda la cuenca para cuantificar la cantidad de lluvia precipitada en cada uno de los totalizadores, pluviómetros y pluviógrafos que se tenían en la misma.

Para tomar lectura de cada uno de los totalizadores se utiliza una cinta métrica, la cual se introduce pegada al interior del tubo hasta llegar al espejo del aceite quemado, luego se procede a tomar la lectura que existe hasta la parte superior del tubo en un lugar previamente definido dentro del mismo. Cada vez que se lleve acabo este procedimiento debe de hacerse con mucho cuidado para evitar errores en la lectura y posteriormente en el tratamiento de los datos.

Cada uno de los pluviómetros que se tienen dentro de la cuenca, están equipados en su interior con un vaso el cual sirve para captar el agua precipitada después de cada evento. Para determinar la cantidad de agua precipitada después de cada evento se utiliza una probeta graduada en mm; la cual se llena cuantas veces sea necesario hasta obtener el volumen total que al dividirse por el área de captación se determina la lamina de agua precipitada.

Para registrar cada uno de los datos obtenidos de cada uno de los totalizadores y pluviómetros se cuenta con un formato, en el cual aparece el número o nombre del totalizador, fecha y hora a la que se tomó la lectura, lectura actual y anterior en (mm).

Los pluviógrafos se encuentran equipados con un sifón, el cual recolecta la precipitación que se presente, junto a este, se encuentra una pluma la cual va a estar graficando la precipitación en una hoja que es colocada en un cilindro. El sentido del movimiento del cilindro en el eje de las X, marca el tiempo, mientras que en el eje de las Y, se registra el volumen de la lluvia.

También se cuenta con pluviógrafos electrónicos los cuales están equipados con una batería de 12 volts, ésta se debe revisar al menos cada 2 meses para asegurar un buen funcionamiento de los pluviógrafos.

#### **4.3.2. Procesamiento de los datos**

##### **4.3.2.1. Tratamiento de los datos pluviográficos de registro mecánico a partir de la digitalización.**

Después de llevarse a cabo el trabajo de campo, que consistió en la obtención de los pluviogramas de cada aparato, se ordenan y se clasifican de acuerdo a la estación a la que pertenezcan para poder procesarlos en la mesa digitalizadora utilizando para ello el programa PLUVIOM, donde son leídas las precipitaciones que contengan a través de un ratón o mouse digitalizador.

El procedimiento que se sigue es el siguiente :

a) Se crea la estación del gráfico a digitalizar, la cual debe llevar consigo la identificación que contenga:

- País (código y nombre)
- Estaciones pluviométricas (código de estaciones, nombre, año de inicio de observaciones, fin de observaciones, lugar de la estación)

b) Características del aparato:

- Número de estación.
- Fecha de observaciones.
- Tipo de aparato.
- Diámetro del cilindro.
- Velocidad de la pluma
- Sí es diario o semanal.

c) Tratamiento de los datos: una vez que se hicieron los incisos anteriores pasamos a lo que es la captación de los datos mediante una mesa digitalizadora, en donde se colocan los gráficos que son previstos por un ratón o mouse digitalizador.

d) Resultado: se obtienen las precipitaciones totales y diarias así como en el tiempo exacto en que se presentaron.

Una vez digitalizados los diagramas se pasan los datos en forma diaria (LLUVIAS DIARIAS), para crear posteriormente un archivo \*.LAB para datos pluviográficos. El archivo \*.LAB nos sirve para poder analizar la información utilizando el programa PLUGRAPHE para la obtención de las características de las lluvias así como de los hietogramas de cada evento lluvioso.

#### 4.3.2.2. Tratamiento de pluviógrafos electrónicos

Los pluviógrafos electrónicos están constituidos en su interior de dos depósitos cónicos en forma de báscula, la cual va a estar recibiendo la precipitación. La capacidad de almacenamiento de cada cono en particular es el equivalente a 0.5 mm de precipitación; una vez alcanzado éste volumen se produce un basculamiento que provoca que se vacíe el depósito quedando en posición el segundo depósito para ser llenado. Este proceso se repite sucesivamente durante la precipitación. Aunado a la báscula se encuentra una burbuja de vidrio conteniendo mercurio que produce, en cada basculamiento, que se cierre un circuito provocando un impulso para ser registrado en una memoria.

Los basculamientos se registran de manera sistemática en una red de almacenamiento o cartucho (memoria electrónica). Dicho cartucho cuenta con una entrada y dos salidas: la entrada es para programar el registro de la información (fecha de inicio, hora, etc.) utilizando para ello el TD, en tanto que una de las salidas transfiere directamente los datos a una computadora portátil a través del programa VISUAL y la otra salida permite enviar los datos vía satélite requiriéndose para ello de una pequeña antena especial.

En el presente estudio, la información de los pluviógrafos se obtuvo utilizando la transferencia directa a través del programa VISUAL. Este programa permite la extracción de los datos en un archivo con una extensión \*.PLU, el cual presenta la fecha y la hora, con precisión de centésimas de segundo, de cada uno de los basculamientos. El archivo conteniendo la información puede ser analizado directamente por el programa PLUGRAPHE el cual trata los datos para establecer los hietogramas de los eventos de lluvia de acuerdo a diversas instrucciones establecidas.

#### **4.3.2.3. Reconstitución de una matriz de lluvias acumuladas a lluvias diarias a partir de los pluviógrafos.**

Después de registrar los datos de cada uno de los totalizadores se obtiene una matriz de lluvias acumuladas, esto debido a que hay ocasiones en que los totalizadores no se leen diariamente y esto ocasiona la acumulación de eventos de lluvia. Esta información no sirve para el presente trabajo que se está realizando por lo que es necesario hacer una reconstitución de lluvias a partir de la información que nos proporcionan los pluviógrafos, la cual trae la fecha y hora de cada uno de los eventos. El trabajo se realizó en una hoja de cálculo EXCEL.

Esta hoja de cálculo nos presenta una serie de columnas y líneas, en las cuales vamos a encontrar en la parte superior de la hoja en el eje de las X, la fecha de cada uno de los eventos y en el eje de las Y, cada uno de los totalizadores y pluviógrafos. Como ejemplo del procedimiento se puede decir que si se tiene una lectura en uno de los totalizadores del día 16 de junio que nos dice que hubo una precipitación de 12 mm, pero dos días antes no se tomó lectura, por lo que es necesario recurrir a la información de los pluviógrafos que nos dice que el día 10 se presentó una precipitación de 3 mm, y el día 11 el evento fue de 5 mm, y a partir de esta información se le dan los valores porcentuales correspondientes a cada una de las fechas.

Siguiendo el anterior procedimiento se llegó a establecer la matriz definitiva de lluvia diaria que se utilizó en la interpolación de los eventos lluviosos en toda la zona de estudio, para este efecto se procedió de la siguiente manera.

#### **4.3.2.4. Tratamiento de los datos a partir de surfer.**

Surfer es el programa de cómputo que fue utilizado para determinar la superficie que cubrió cada uno de los eventos que se presentaron en nuestra área de estudio, a partir de la matriz de datos obtenida para cada uno de los aparatos.

Surfer es capaz de realizar la interpolación espacial de los datos utilizando diversos métodos matemáticos en los que sobresalen: Kriging, Inverse Distance to a Power, Minimum Curvature, Polynomial Regresión, Radial Basis Functions, Shepared's Method, Triangulation w/linear Interpolation.

Para realizar las interpolaciones fue necesario conocer las coordenadas geográficas de cada uno de los totalizadores, pluviógrafos y pluviómetros. Para determinar la localización de estos se apoyo en un aparato conocido como GPS (Global Position System), el cual se maneja a través de información vía satélite y que requiere de al menos 3 satélites para poder realizar esta operación. El GPS, proporciona la información de las coordenadas geográficas en grados, para posteriormente pasarlos a coordenadas UTM (universal transversa de mercator), utilizando para ello un programa que permite esta conversión.

Una vez obtenida la matriz de lluvias diarias ( reconstitución de lluvias, explicado anteriormente ); se graban en un archivo con la extensión \*.DAT, para poder ser utilizada en Surfer, el cual presenta una ventana principal con cada una de las opciones. La opción "GRID", que a su vez nos presenta un listado de opciones, permite la interpolación utilizando para ello el submenú "DATA". Esta opción nos presenta una hilera con los nombres de los subdirectorios en los cuales aparece el nombre de nuestra matriz, la seleccionamos y posteriormente nos aparece la opción de interpolación, que para que se pueda llevar a cabo requiere de algunos datos como son los siguientes: Coordenadas geográficas de cada uno de los aparatos de medición y la fecha del evento que se procesa así como las coordenadas geográficas de nuestra área de estudio "Rancho Atotonilco". Posteriormente se indica el método de interpolación a utilizar; en este caso el método seleccionado fue KRIGING. Después de haber dado las indicaciones anteriores, salvamos y volvemos al menú "GRID", pero a una opción diferente llamada "BLANK", la cual nos presenta el archivo donde se encuentra nuestra zona de estudio (límite del rancho ), lo indicamos, guardamos y volvemos a la opción "GRID".

Para la obtención de las superficies comprendidas para cada uno de los eventos seleccionamos la opción "VOLUMEN", en el cual através de un comando de éste indicamos que los cálculos se realicen cada dos milímetros de lluvia. Una vez realizados los cálculos por la opción VOLUMEN ésta presenta los siguientes resultados:

**AREAS:**

Positive planar area ( Upper above lower ):

Negative planar area ( lower above upper ):

Blanked planar area

Total planar area.

Positive Surface Area (Upper above lower ):

Negative Surface Area (Lower above Upper ):

De la cual la opción que a nosotros nos interesa es "Negative Surface Area (Lower above Upper )", que nos indica la superficie dentro del límite de nuestra zona de estudio.

**4.3.2.5. Establecimiento de la matriz de cobertura por cada una de las lluvias.**

Apartir de cada uno de los resultados obtenidos en surfer que presenta datos acumulados, se procede a formar una matriz que muestre el área que se cubrió para el rango de cada dos milímetros de lluvia (rango de lluvia seleccionado). Con estos datos se procede a formar nuestra matriz de resultados, donde vamos a encontrar la fecha de cada evento, y el área que se cubrió con cada 2 milímetros de lluvia. Así, como ejemplo de la matriz obtenida, se muestra en el Cuadro3 los resultados acumulados de las superficies para un rango de 2 a 4 mm en dos fechas distintas, en el ANEXO 2 se muestra la matriz obtenida.

CUADRO 3. Resultados de las superficies obtenidas para la precipitación de 2 a 4 mm (Ejemplo de la matriz obtenida).

RANGO		JUN-26 (Areas km2 )		JUN-29 (Areas km2 )	
2	0 - 2	337.292	337.292	321.286	321.286
4	2 - 4	397.714	60.422	372.341	51.055
6	4 - 6	428.631	30.917	403.103	30.762
8	6 - 8	441.009	12.378	429.834	26.731
10	8 - 10	444.158	3.149	441.848	12.014

#### 4.3.3. Relación altitud-pluviometría.

Otro de los aspectos interesante del presente estudio fue la determinación de la relación precipitación-altitud para una región localizada en la parte semiárida de la cuenca del Nazas. Para poder llevar acabo esta relación se seleccionaron los totalizadores de la zona de estudio de tal forma que permitiera un transecto de mayor a menor altitud. De esta forma se seleccionaron un total de 8 totalizadores con altitudes que varían de 1590 m a 2200 msnm.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Caracterización espacial de la lluvia.

La caracterización de la lluvia se llevó a cabo determinando la superficie cubierta por cada uno de los eventos que se registraron durante los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre. La interpretación de los resultados se realizó a dos diferentes escalas: temporal y espacial. Así, se realizaron los promedios diarios de lluvia para el período semanal, realizándose la comparación entre estos y la cobertura para cada rango de precipitación.

Para llevar a cabo la interpretación de una manera más sencilla, las superficies que abarcaron cada uno de los rangos observados se presentan en porcentaje del total de la superficie de la zona de estudio (445 km<sup>2</sup>).

Los porcentajes obtenidos durante el mes de Junio, mostrados en el (Cuadro 4) y que aparecen gráficamente en la (Figura 4) se puede observar que del 60 al 80 por ciento de la superficie registran una precipitación entre 0 y 2 mm. Para una precipitación de 2 a 4 mm, hay una marcada diferencia que va del 30 por ciento de superficie cubierta registrada en la tercer semana y que posteriormente presenta una tendencia a bajar desde un 10 a un 18 por ciento en las semanas restantes.

**Cuadro 4. Porcentajes de superficies cubierta por cada uno de los rangos observados de precipitación para el mes de Junio.**

Rango de PP (mm)	1º Semana		2º Semana		3º Semana		4º Semana	
	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento
0 a 2	362.8	81.5	287.6	64.6	43.0	9.7	271.2	60.9
2 a 4	49.9	11.2	80.2	18.0	131.8	29.6	68.3	15.4
4 a 6	16.4	3.7	55.7	12.5	26.9	6.0	43.9	9.9
6 a 8	8.9	2.0	37.6	8.4	61.5	13.8	36.8	8.3
8 a 10	4.6	1.0	27.5	6.2	61.5	13.8	21.9	4.9
10 a 12	2.2	0.5	16.2	3.6	62.5	14.0	3.6	0.8
12 a 14	1.3	0.3	3.9	0.9	39.6	8.9		
14 a 16	0.8	0.2			29.2	6.6		
16 a 18	0.5	0.1			21.1	4.7		
18 a 20	0.2	0.0			7.7	1.7		
20 a 22					6.1	1.4		
22 a 24					5.7	1.3		
24 a 26					2.1	0.5		
26 a 28					0.9	0.2		
28 a 30					0.5	0.1		

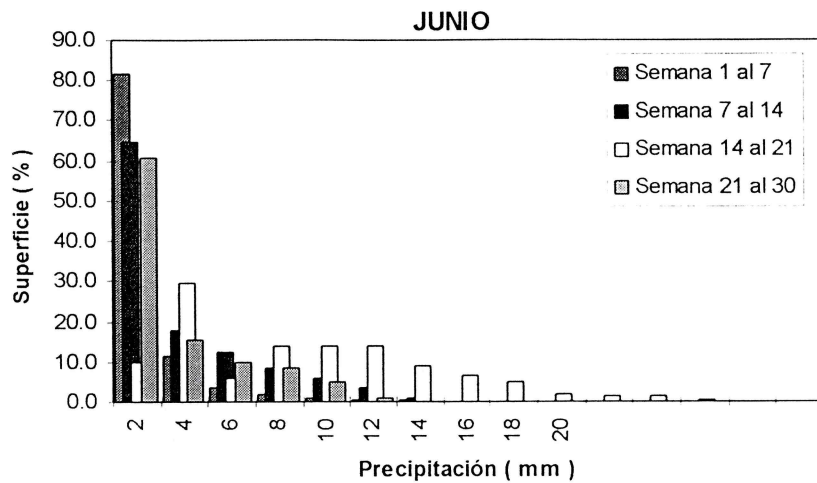


Figura 4. Porcentajes de superficies cubiertas obtenidos para el mes de Junio.

Entre 4 y 6 mm de precipitación se puede observar que la máxima superficie cubierta es de un 12 por ciento, que fue registrada durante la segunda semana de este mes. Se nota claramente que para una precipitación entre 8 y 12 mm se mantiene una clara tendencia de homogeneidad y que posteriormente tiende a aumentar en precipitación, pero a disminuir en cuanto a superficie cubierta. En general se puede decir que la tercer semana de Junio, es decir del 15 al 21 del mes, se presenta más homogénea, con una tendencia que nos indica que entre mayor sea el rango observado se disminuye el porcentaje de superficie cubierta.

Para el mes de Julio, la última semana del mismo se presenta hasta un 88 por ciento de superficie que registra una precipitación entre 0 y 2 mm (Cuadro 5). Para una precipitación de 2 a 4 mm existe una gran fluctuación en cuanto a superficie cubierta, ya que los eventos registrados en la primer semana cubren un 40 por ciento de la superficie y posteriormente las semanas restantes cubren entre 0 y 12 por ciento de la superficie.

**Cuadro 5. Porcentajes de superficie cubierta por cada uno de los rangos observados de precipitación para el mes de Julio.**

Rango de PP (mm)	1º Semana		2º Semana		3º Semana		4º Semana	
	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento	Sup. km2	por ciento
0 a 2	295.8	66.5	230.8	51.9	328.5	73.8	394.1	88.6
2 a 4	178.7	40.2	56.3	12.6	54.7	12.3	28.0	6.3
4 a 6	48.3	10.8	40.8	9.2	21.7	4.9	23.4	5.3
6 a 8	43.8	9.8	46.3	10.4	12.0	2.7		
8 a 10	22.2	5.0	54.2	12.2	7.8	1.8		
10 a 12	11.0	2.5	34.9	7.9	7.2	1.6		
12 a 14	11.1	2.5	18.7	4.2	3.4	0.8		
14 a 16	12.5	2.8	15.0	3.4	2.9	0.6		
16 a 18	7.1	1.6	14.6	3.3	2.3	0.5		
18 a 20	2.8	0.6	14.4	3.2	3.2	0.7		
20 a 22			12.4	2.8	3.0	0.7		
22 a 24			11.9	2.7	2.9	0.7		
24 a 26			33.2	7.5	2.9	0.7		
26 a 28			31.8	7.2	2.9	0.6		
28 a 30			13.6	3.1	3.0	0.7		

También se puede observar que la primer y segunda semana presentan una notable semejanza, tomando en cuenta una precipitación entre 6 y 8 mm y una superficie cubierta de 0 a 10 por ciento.

Podemos resaltar que la segunda y tercer semana tienden a mantener una homogeneidad en cuanto a presencia de mayor precipitación y para una superficie cubierta de 0 a 10 por ciento; Sobresaliendo la segunda semana con mayor superficie cubierta.

En la Figura 5, correspondiente al mes de Agosto se aprecia como el rango de precipitación de 0-2 mm cubre la menor superficie observada del período de lluvias, de un 35 a un 58 por ciento de la superficie (de 156 a 258 km<sup>2</sup>), dado a que en éste mes se presentan las lluvias de una manera más generalizada.

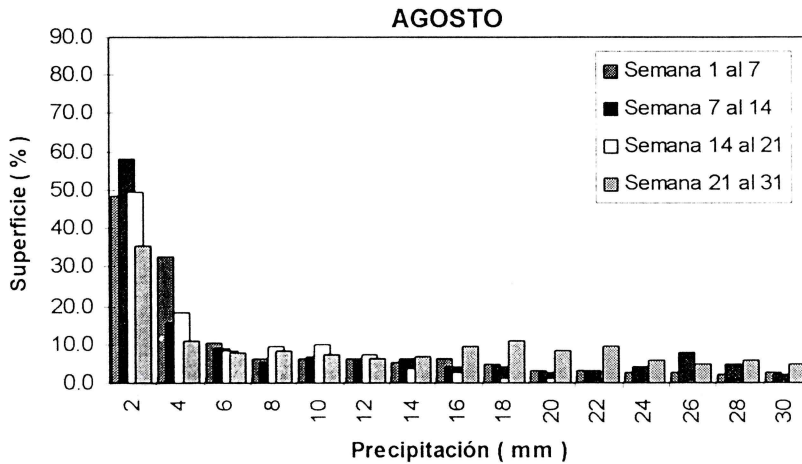


Figura 5. Porcentajes de superficies cubiertas obtenidos para el mes de Agosto.

Se puede observar que para precipitaciones de 6 a 14 mm se muestra una cierta regularidad en cuanto a porcentaje de superficie cubierta, presentando más consistencia a mantenerse homogénea en la última semana, para un porcentaje de 0 a 10.

Podemos concluir que el mes de agosto presenta bastante consistencia en cuanto a presencia de precipitación, que lo hace bastante homogéneo con respecto a su superficie cubierta.

Durante el mes de Septiembre el 78 por ciento de la superficie fue cubierta con una precipitación mínima de 0 a 2 mm (Figura 6). La primer semana de éste mes presenta más homogeneidad que va de los 7 a 31 mm cubriendo una superficie de 0 a 10 por ciento, posteriormente le sigue la tercer semana, que presenta una tendencia a disminuir en cuanto a superficie cubierta en tanto que aumenta su precipitación. La segunda semana presenta más irregularidad, ya que entre 4 y 6 mm registra una superficie cubierta del 22 por ciento, disminuyendo notablemente entre 8 y 10 mm, volviendo a tener un aumento en cuanto a superficie cubierta con una precipitación entre los 12 y 14 mm.

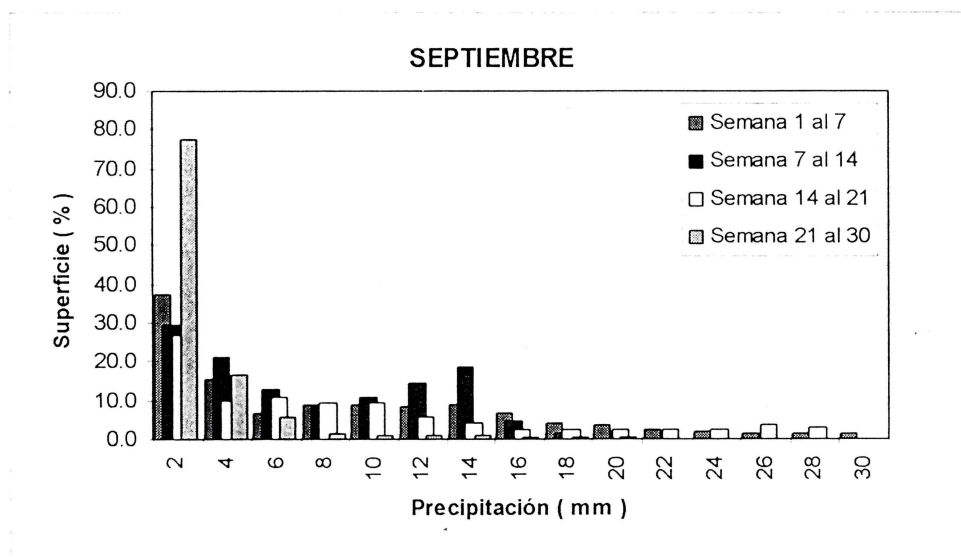


Figura 6. Porcentajes de superficies cubiertas obtenidos para el mes de Septiembre.

Finalmente, el mes de Octubre, se caracteriza por haberse presentado únicamente la primer semana eventos lluviosos. Sin embargo, estos tuvieron una repartición homogénea en la cuenca (Figura 7), debido probablemente a que en esta época del año se pueden presentar lluvias provenientes del Pacifico que aunadas a las condiciones de las temperaturas prevalecientes en esta época del año, generalmente más bajas que las del verano, provocan precipitaciones de bajas intensidades y por lo general de una forma más generalizadas espacialmente.

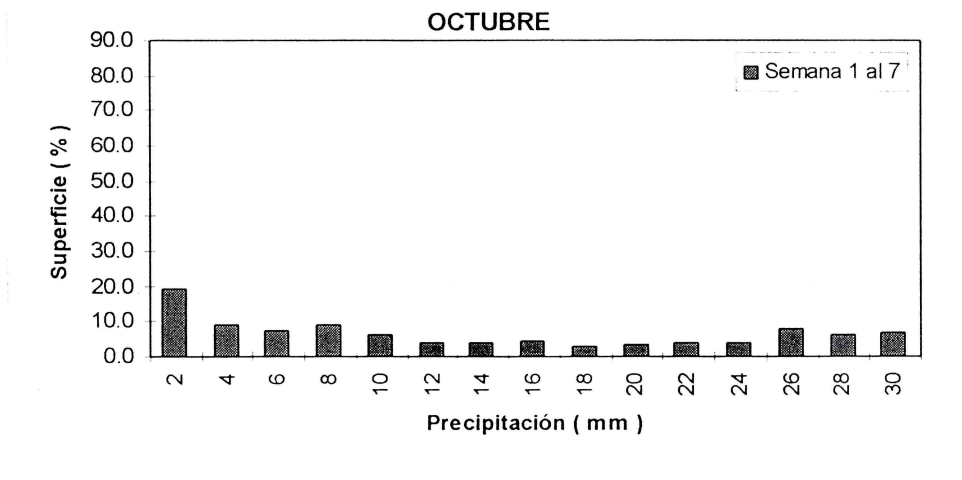


Figura 7 Porcentajes de superficies cubiertas obtenidos para el mes de Octubre

De los cinco meses en observación se puede decir que los meses de Agosto y Octubre son los que presentan más consistencia en cuanto a la superficie abarcada por los diferentes rangos de precipitación, mientras que los meses restantes presentan un porcentaje de superficie considerable que registran una precipitación muy baja que va de 0 a 2 mm.

Se puede observar que para los meses de Junio y Septiembre la tercer semana es la que tiene un comportamiento similar, en cuanto a superficie cubierta y ocurrencia de precipitación.

Julio y Agosto presentan una diferencia muy marcada, ya que mientras el primero presenta la gran mayoría de la superficie con una precipitación muy baja, el segundo se presenta muy homogéneo en cuanto a la distribución de la precipitación en toda la superficie.

Analizando el promedio diario de los rangos de lluvia en cada uno de los meses con respecto a la superficie cubierta (Cuadro 6), se observa que para el mes de Junio la superficie promedio cubierta por un rango de precipitación de 0 a 4 mm es muy alta alcanzando valores de 82.6 a 241.2 km<sup>2</sup>; y que contrastando a esto para rangos altos de precipitación (24-30 mm) la superficie cubierta es considerablemente muy pequeña con valores que van de los 2.1 a 0.5 km<sup>2</sup>. El mes de Julio presenta una información algo semejante a Junio, registrando superficies cubiertas muy altas con rangos de precipitación bajos, aunque a diferencia de éste, Julio presenta algo de homogeneidad en cuanto a superficie cubierta con rangos de precipitación que van de los 10 a 30 mm. El mes de Agosto, que se presenta más homogéneo, registra superficies de 213.5 a 85.7 km<sup>2</sup> con rangos de precipitación bajos ( 0 a 4 mm ), y que luego se mantiene muy homogéneo con superficies cubiertas que van de 39.2 a 16.9 km<sup>2</sup>, con rangos de precipitaciones más importantes que van de 6 a 8 mm; y que posteriormente presenta una variación marcada en promedio de superficie cubierta, notándose que a medida que aumenta la precipitación ésta disminuye.

A diferencia del resto de los meses, Septiembre presenta menores superficies cubiertas con precipitaciones de 0 a 4 mm. Para un rango de precipitación de 6 a 14 mm septiembre presenta superficies cubiertas muy homogéneas que van de los 31.2 a 35.7 km<sup>2</sup>. Posteriormente, al igual que los demás meses, registra superficies muy bajas para las precipitaciones que van de los 14 a 30 mm.

**Cuadro 6. Promedio diario de los rangos de lluvia en cada uno de los meses con respecto a la superficie cubierta.**

Rango de	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
PP (mm)	SUP prom.	SUP prom.	SUP prom.	SUP prom.
0 a 2	241.2	312.3	213.5	190.2
2 a 4	82.6	79.4	85.7	70.3
4 a 6	35.7	33.6	39.2	40.6
6 a 8	36.2	34.0	32.7	31.2
8 a 10	28.9	28.1	33.3	33.3
10 a 12	21.1	17.7	28.1	32.5
12 a 14	14.9	11.1	24.6	35.7
14 a 16	15.0	10.1	24.4	16.0
16 a 18	10.8	8.0	23.8	9.7
18 a 20	4.0	6.8	16.9	9.2
20 a 22	6.1	7.7	17.9	11.4
22 a 24	5.7	7.4	14.9	10.3
24 a 26	2.1	18.1	17.1	12.1
26 a 28	0.9	17.3	14.2	10.7
28 a 30	0.5	8.3	11.0	7.8

## 5.2. Ecuaciones de ajuste.

Una vez realizada la interpretación de los resultados, se procedió a establecer las ecuaciones de ajuste para cada uno de los meses. Así, se procedió al ajuste mediante la utilización de la siguiente ecuación:

$$\text{Supe}_i = K * \text{PP}_i^X$$

Donde:

$\text{PP}_i$  = Precipitación (mm).

K = Constante del mes observado.

Supe = Superficie estimada en  $\text{Km}^2$

El valor de K y X se determinaron de la siguiente manera:

$$K = \{\text{Sup}_{\text{max-mes}} / (\text{PP}_{\text{max-mes}})^X\} / C$$

$$X = \{\text{Ln}(\text{Sup}_{\text{min mes}} / \text{Sup}_{\text{max mes}})\} / \{\text{Ln}(\text{PP}_{\text{min mes}} / \text{PP}_{\text{max mes}})\}$$

C = Constante a optimizar.

El valor de C se calculó mediante la optimización de la siguiente función criterio:

$$\text{Sum}\{\text{Supe}_i / \text{Supo}_i\} / n = 1$$

Donde:

Supo = Superficie observada.

Supe = Superficie estimada

n = Número total de observaciones.

De esta forma, se optimizaron las ecuaciones para cada uno de los meses y se procedió a estimar los valores de la superficie. En el Cuadro 8 se muestran tanto los valores observados como los estimados para cada uno de los meses y para todo el período de observación.

Cuadro 7. Valores observados y estimados de la superficie para cada uno de los meses y temporada de lluvias.

Rango de PP (mm)	Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Temporada	
	Real	Est.	Real	Est.	Real	Est.	Real	Est.	Real	Est.
0 a 2	241.2	631.1	312.3	209.6	213.5	205.9	190.2	189.2	286.3	79.0
2 a 4	82.6	127.2	79.4	82.8	85.7	96.3	70.3	83.4	89.2	31.8
4 a 6	35.7	49.8	33.6	48.1	39.2	61.7	40.6	51.6	44.1	18.7
6 a 8	36.2	25.6	34.0	32.7	32.7	45.0	31.2	36.8	33.9	12.8
8 a 10	28.9	15.3	28.1	24.2	33.3	35.3	33.3	28.2	28.3	9.6
10 a 12	21.1	10.0	17.7	19.0	28.1	28.9	32.5	22.8	22.5	7.5
12 a 14	14.9	7.0	11.1	15.4	24.6	24.4	35.7	19.0	19.0	6.2
14 a 16	15.0	5.2	10.1	12.9	24.4	21.1	16.0	16.2	14.9	5.2
16 a 18	10.8	3.9	8.0	11.0	23.8	18.5	9.7	14.1	12.3	4.4
18 a 20	4.0	3.1	6.8	9.6	16.9	16.5	9.2	12.4	9.4	3.9
20 a 22	6.1	2.5	7.7	8.4	17.9	14.9	11.4	11.1	9.8	3.4
22 a 24	5.7	2.0	7.4	7.5	14.9	13.5	10.3	10.0	8.8	3.0
24 a 26	2.1	1.7	18.1	6.7	17.1	12.4	12.1	9.1	10.0	2.7
26 a 28	0.9	1.4	17.3	6.1	14.2	11.4	10.7	8.4	8.9	2.5
28 a 30	0.5	1.2	8.3	5.6	11.0	10.6	7.8	7.7	6.4	2.3

Posteriormente, se realizó un análisis de regresión lineal con el que se determinó el grado de ajuste de cada ecuación. Estos valores, todos con  $R^2$  mayor a 0.90, se muestran en el Cuadro 9, al igual que los valores de C, X y K encontrados para cada ecuación. Asimismo, se muestran los valores de la ecuación encontrados para toda la temporada de lluvias. Sin embargo, en este último caso la ecuación, aunque presenta un buen ajuste de regresión, subestima los valores con respecto a los observados.

Cuadro 8 Valores de las ecuaciones y coeficiente de Regresión para cada período observado.

PERIODO	K	C	X	R <sup>2</sup>
Junio	3131.29	199.46	-2.31	0.9682
Julio	530.68	56.19	-1.34	0.9642
Agosto	440.21	20.19	-1.09	0.97
Septiembre	429.16	24.68	-1.18	0.97
Temporada	196.05	105.58	-1.31	0.98

### 5.3. Relación Altitud-Precipitación

Para poder entender de una manera más completa como se manifiesta la repartición de la lluvia dentro de nuestra zona de estudio, fue necesario determinar el papel que juega la altitud con respecto a la precipitación. Para lograr este objetivo fue necesario seleccionar un transecto de mayor a menor altitud através del cual se localizan un número de 8 totalizadores.

A partir de la altitud y precipitación observada en cada totalizador (Anexo 3), se procedio a realizar un análisis de regresión lineal para determinar este gradiente. La ecuación resultante establece lo siguiente:

$$X = 0.28 * Y - 73$$

$$R^2 = 0.94$$

Donde:

X = Precipitación (mm)

Y = Altitud (msnm)

A partir de estos valores, se puede establecer que el gradiente de precipitación por cada 100 metros de altitud es de 28 mm, es decir que por cada cien metros de incremento o decremento en altitud existe una diferencia de 28 mm de incremento o decremento de precipitación respectivamente.

El gradiente encontrado en comparación a encontrado por Descroix (1993 ) en toda la RH36, es muy similar ya que este gradiente es del orden de 30 mm por cada 100 metros de altitud. Asimismo, Descroix menciona que considerando por separado las cuencas del Nazas y Aguanaval, éste gradiente es del orden de 32 mm y 21 mm respectivamente.

Cabe mencionar que los resultados aquí presentados se encuentran muy cercanos a los encontrados en otros estudios de la región, sin embargo, es importante decir que la escala de observación son muy diferentes, ya que la cuenca Atotonilco apenas alcanza los 445 km, la RH36 tiene una superficie de casi 92000 km<sup>2</sup>.

Por otra parte, es importante señalar que la cuenca Atotonilco se localiza entre los límites de las cuencas Nazas y Aguanaval, con una exposición predominante de la misma hacia el Norte, en tanto que los otros estudios regionales consideran toda la red pluviométrica disponible en la RH36 con un promedio de 20 años de observación para cada estación y con una disposición de las mismas hacia todos los puntos cardinales.

## 6. CONCLUSIÓN

En lo que respecta a la distribución espacial de la lluvia, se pudo observar que las bajas precipitaciones se manifestaron en grandes superficies, mientras que las precipitaciones más elevadas, mayores a los 10 mm, la superficie donde se presentaron fue menor. Lo anterior se presentó durante toda la temporada de lluvias, con excepción del mes de Agosto y Octubre donde las precipitaciones fueron más generalizadas en toda la cuenca.

En un análisis semanal se pudo observar que durante los meses de Julio y Septiembre, la última semana del 21 al 31 y 21 al 30 respectivamente se puede caracterizar como una semana seca debido a que registro precipitaciones con un rango de 0 a 2 mm y superficies que van de un 78 a un 88 por ciento cubiertas por estas precipitaciones ( 347 a 391 km<sup>2</sup> ). Por el contrario durante, el mes de Agosto, la última semana se presenta mucho más homogénea que las restantes, registrando porcentajes de superficies cubiertas de 0 a 35 y con precipitaciones de 0 a 30 mm. En general se puede determinar que éste mes presento lluvias más generalizadas durante todas sus semanas.

Cabe señalar que se analiza únicamente el comportamiento diario de la lluvia, es decir el total acumulado de las lluvias ocurridas durante el transcurso del día. Es por ello que al realizar un análisis de cada evento en particular, es de esperarse que las superficies cubiertas con pequeños valores de precipitación, entre 0 y 6 mm, sean mayores que los observados durante el acumulado diario.

De la ecuación obtenida a partir de la regresión lineal con los datos de Altitud y de Precipitación observada, se pudo establecer que el gradiente de precipitación es de 28 mm de incremento o decremento de precipitación respectivamente.

El gradiente encontrado en comparación al encontrado por Descroix ( 1993 ) en toda la RH 36, es muy similar ya que este gradiente es del orden de 30 mm por cada cien metros de altitud. Asimismo, Descroix (1993) menciona que considerando por separado las cuencas del Nazas y Aguanaval, este gradiente es del orden de 32 mm y 21 mm respectivamente.

## ANEXO 1

### TIPOS CLIMÁTICOS LOCALIZADOS A LO LARGO DE TODA LA REGIÓN HIDROLOGICA 36.

- 1.- **Bsohw**: Clima seco semicálido con lluvias en verano y sólo de 5 a 10.2 por ciento de lluvias en invierno, éste último, fresco.
- 2.- **Bsohw (w)** : Clima seco semicálido con lluvias en verano, menos de 5 por ciento de precipitación invernal, esta estación fresca.
- 3.- **Bsohw (x')** : Clima seco semicálido con lluvias en verano; lluvias invernales mayores al 10.2 por ciento, invierno fresco.
- 4.- **Bso(h') w (w)**: Clima seco muy cálido con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; muy cálido.
- 5.- **BSoKw**: Clima seco templado con lluvias en verano ;de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal, verano cálido.
- 6.- **BSoKw (w)**: Clima seco templado con lluvias en verano ; menos de 5 por ciento de precipitación invernal ; verano cálido.
- 7.- **BS1kw**: Clima semiseco templado con lluvias en verano ; porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2 por ciento ; verano cálido.
- 8.- **BS1Kw(w)**: Clima semiseco templado con lluvias en verano ; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; verano cálido.
- 9.- **BS1Kw (x')**:Clima semiseco templado con lluvias en verano; precipitación invernal mayor de 10.2 por ciento ; verano cálido.
- 10.- **BS1hw (w)** : Clima semiseco semicálido con lluvias en verano ; precipitación invernal menor de 5 por ciento ; invierno fresco.
- 11.- **BWhw**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano ; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal ; invierno fresco.
- 12.- **BWhw (w)** : Clima muy seco semicálido con lluvias en verano ; precipitación invernal menor de 5 por ciento ; invierno fresco.
- 13.- **BWh' (h)w (w)**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal menor de 5; invierno tibio.

### **continuación de Anexo 1...**

**14.- BWkw:** Clima muy seco templado con lluvias en verano ; precipitación invernal entre 5 y 10.2 por ciento ; verano cálido.

**15.- BWhw(x')**: Clima muy seco semicálido con lluvias en verano ; precipitación invernal mayor de 10.2 por ciento ; invierno fresco.

**16.- C(w2):** Clima templado subhúmedo con lluvias en verano ; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal. Forma parte de los subtipos más húmedos de los templados subhúmedos.

**17.- C(w1):** Clima templado subhúmedo con lluvias en verano ; porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2. Forma parte de los subtipos de humedad media de los templados subhúmedos.

**18.- C(wo):** Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2. Forma parte de los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos.

**19.- C(wo) (w):** Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; precipitación invernal menor de 5 por ciento. Forma parte de los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos.

**20.- Cx':** Clima templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año; porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.

**21.-C(E) (w2):** Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; precipitación invernal entre 5 y 10.2 . Forma parte de los subtipos más húmedos de los semifríos subhúmedos.

**22.- C(E) (w2) (x')**: Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2. Forma parte de los subtipos más húmedos de los semifríos subhúmedos.

**23.- C(E) (w1):** Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; de 5 a 10.2 por ciento de precipitación invernal. Forma parte de los subtipos de humedad media de los semifríos subhúmedos.

**24.- C(E)x':** Clima semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año. Porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.











ago-29		ago-30		ago-31		MEDIA		1-sep		2-sep		3-sep		4-sep		7-sep		MEDIA		8-sep		
AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	1 al.7	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREA
129.281	95.1036	12.5193	157.890689	125.506	98.0582	98.0582	0	0	254.879	254.879	254.879	254.879	351.192	351.192	351.192	351.192	351.192	165.92704	198.328	198.328	61.615	
260.179	143.345	18.6176	6.0983	49.2338414	187.376	172.664	14.5945	74.6058	362.888	108.009	108.009	108.009	436.595	436.595	436.595	436.595	436.595	68.89566	380.963	380.963	143.106	
338.174	199.176	55.831	24.8596	34.0425143	237.032	49.66	31.002	205.156	407.272	44.384	44.384	44.384	443.718	443.718	443.718	443.718	443.718	39.49915	444.603	444.603	332.112	
399.611	286.596	87.42	31.1217	38.1094183	283.04	46.008	27.7836	26.088	87.7836	56.7816	56.7816	56.7816	436.391	436.391	436.391	436.391	436.391	38.2104667	444.603	444.603	379.379	
443.061	342.156	55.56	37.844	6.7223	33.3364483	309.009	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	25.969	35.8363333	444.603	444.603	405.141	
	376.172	34.016	45.9788	8.1348	27.42456	327.561	18.552	287.843	30.892	208.804	208.804	208.804	208.804	208.804	208.804	208.804	208.804	39.299	444.603	444.603	422.96	
	399.361	23.189	58.6083	12.6295	30.83226	340.749	13.188	313.212	25.369	288.144	288.144	288.144	288.144	288.144	288.144	288.144	288.144	29.0893333	444.603	444.603	441.474	
	418.321	18.96	77.9374	19.3291	40.69062	352.038	11.309	334.569	21.357	342.746	342.746	342.746	342.746	342.746	342.746	342.746	342.746	18.1266667	444.603	444.603		
	431.175	12.854	103.573	25.6356	48.62465	361.05	8.992	354.207	19.638	368.496	368.496	368.496	368.496	368.496	368.496	368.496	368.496	15.029	444.603	444.603		
	438.381	7.206	138.297	34.724	37.577	368.516	7.466	376.692	22.485	383.632	383.632	383.632	383.632	383.632	383.632	383.632	383.632	12.1213333	444.603	444.603		
	442.622	4.241	206.664	68.367	40.973	374.268	5.752	396.135	19.443	394.801	394.801	394.801	394.801	394.801	394.801	394.801	394.801	8.76466667	444.603	444.603		
	444.659	2.037	261.946	55.282	26.62	379.498	5.23	409.006	12.871	402.994	402.994	402.994	402.994	402.994	402.994	402.994	402.994	7.22266667	444.603	444.603		
	445.467	0.808	308.014	46.068	20.5183333	384.514	5.016	418.346	9.34	410.306	410.306	410.306	410.306	410.306	410.306	410.306	410.306	7.36033333	444.603	444.603		
			349.384	41.37	26.529	390.631	6.117	426.891	8.545	417.725	417.725	417.725	417.725	417.725	417.725	417.725	417.725	6.993	444.603	444.603		
			380.517	31.133	20.8715	393.476	2.845	435.405	8.514	427.345	427.345	427.345	427.345	427.345	427.345	427.345	427.345	6.507	444.603	444.603		
			408.094	27.577	18.608	395.869	2.393	442.158	6.753	437.72	437.72	437.72	437.72	437.72	437.72	437.72	437.72	2.047	444.603	444.603		
			426.226	18.132	18.132	398.159	2.29	444.751	2.593	438.978	438.978	438.978	438.978	438.978	438.978	438.978	438.978	1.312	444.603	444.603		
			437.905	11.679	11.679	400.35	2.191	445.411	0.66	440.063	440.063	440.063	440.063	440.063	440.063	440.063	440.063	1.507	444.603	444.603		
			444.5	6.595	6.595	402.423	2.073	445.411	0.66	441.004	441.004	441.004	441.004	441.004	441.004	441.004	441.004	1.4075	444.603	444.603		
						404.425	2.002	445.411	0.66	441.817	441.817	441.817	441.817	441.817	441.817	441.817	441.817	1.3435	444.603	444.603		
						406.409	1.984	445.411	0.66	442.52	442.52	442.52	442.52	442.52	442.52	442.52	442.52	1.2625	444.603	444.603		
						408.323	1.914	445.411	0.66	443.131	443.131	443.131	443.131	443.131	443.131	443.131	443.131	1.1765	444.603	444.603		
						410.159	1.836	445.411	0.66	443.648	443.648	443.648	443.648	443.648	443.648	443.648	443.648	1.0895	444.603	444.603		
						411.895	1.736	445.411	0.66	444.091	444.091	444.091	444.091	444.091	444.091	444.091	444.091	1.022	444.603	444.603		
						413.567	1.672	445.411	0.66	444.463	444.463	444.463	444.463	444.463	444.463	444.463	444.463	0.9625	444.603	444.603		
						415.188	1.621	445.411	0.66	444.767	444.767	444.767	444.767	444.767	444.767	444.767	444.767	0.9125	444.603	444.603		
						416.764	1.576	445.411	0.66	445.016	445.016	445.016	445.016	445.016	445.016	445.016	445.016	0.864	445.411	445.411		
						418.301	1.537	445.411	0.66	445.207	445.207	445.207	445.207	445.207	445.207	445.207	445.207	0.8165	445.411	445.411		
						419.786	1.485	445.411	0.66	445.355	445.355	445.355	445.355	445.355	445.355	445.355	445.355	0.7825	445.411	445.411		
						421.254	1.468	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	1.468	445.411	445.411		
						422.722	1.468	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	1.58	445.411	445.411		
						424.302	1.58	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	1.637	445.411	445.411		
						425.939	1.637	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	1.752	445.411	445.411		
						427.691	1.752	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	1.847	445.411	445.411		
						429.538	1.847	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	2.025	445.411	445.411		
						431.459	1.921	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	2.422	445.411	445.411		
						433.484	2.025	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	3.559	445.411	445.411		
						435.906	2.422	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	5.184	445.411	445.411		
						439.465	3.559	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452		445.411	445.411		
						444.649	5.184	445.411	0.66	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452	445.452		445.411	445.411		

sep (km²)	sep-13		sep-14		sep-18		sep-19		MEDIA		sep-25		sep-28		MEDIA		2-oct		3-oct		4-		
	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	AREAS (km²)	
61.615	0	266.197	189.655	189.655	48.4349	48.4349	189.655	189.655	119.04495	119.04495	264.94	264.94	423.896	423.896	344.418	344.418	126.549	126.549	0	0	0	0	
81.491	7.99969	109.18	236.961	47.306	90.2619	41.827	44.5665	90.2619	44.5665	392.424	127.484	392.424	441.593	17.697	72.5905	72.5905	181.689	55.14	0	0	0	0	
100.008	40.2438	418.441	274.842	37.881	150.556	60.2941	49.08755	150.556	49.08755	418.334	25.93	418.334	441.593	17.697	25.93	25.93	264.033	82.364	0	0	0	0	
88.998	76.597	36.3532	305.541	30.699	200.943	50.387	40.543	200.943	40.543	425.295	6.941	425.295	441.593	17.697	6.941	6.941	359.005	94.952	0	0	0	0	
47.267	164.978	88.381	443.618	7.889	47.8456667	317.928	71.957	47.8456667	71.957	430.423	5.128	430.423	441.593	17.697	5.128	5.128	415.429	56.424	0	0	0	0	
25.762	268.101	103.123	64.4425	332.71	14.782	309.61	36.71	309.61	25.746	434.467	4.044	434.467	441.593	17.697	4.044	4.044	425.721	10.292	2.65729	2.65729	0	0	
17.819	414.478	146.377	82.098	349.239	16.529	327.957	18.347	327.957	17.438	438.562	4.095	438.562	441.593	17.697	4.095	4.095	435.362	9.641	12.0664	9.40911	0	0	
18.514	437.707	23.229	20.8715	361.092	11.853	338.046	10.089	338.046	10.971	441.48	2.918	441.48	441.593	17.697	2.918	2.918	440.092	4.73	25.2243	13.1579	0	0	
	445.041	7.334	7.334	373.437	12.345	346.95	8.904	346.95	10.6245	444.038	2.578	444.038	441.593	17.697	2.578	2.578	442.713	2.621	46.865	21.6407	0	0	
				386.374	12.937	356.553	9.603	356.553	11.27	445.389	1.331	445.389	441.593	17.697	1.331	1.331	444.1	1.387	73.0592	26.1942	0.630515	0	
				396.708	10.334	367.755	11.202	367.755	10.768								444.881	0.781	92.4859	19.4307	40.3782	0	
				405.96	9.252	382.082	14.327	382.082	11.7895								445.322	0.441	109.794	17.3041	88.4267	0	
				414.432	8.472	407.641	25.559	407.641	17.0155												126.047	16.253	175.449
				422.677	8.245	427.633	19.992	427.633	14.1185												140.754	14.707	243.017
				429.6	6.923	437.728	10.095	437.728	8.509												155.104	14.35	288.814
				435.585	5.985	442.913	5.185	442.913	5.585												170.838	15.734	326.367
				438.127	2.542	444.975	2.062	444.975	2.302												190.152	19.314	355.556
				439.967	1.84				1.84												212.249	22.097	379.147
				441.746	1.779				1.779												238.903	26.654	400.527
				443.941	2.195				2.195												261.082	22.179	421.545
				445.174	1.233				1.233												284.409	23.327	432.082
																					309.087	24.678	439.564
																					329.206	20.119	444.009
																					349.061	19.855	445.449
																					367.626	18.565	
																					381.326	13.7	
																					391.293	9.967	
																					398.419	7.126	
																					405.502	7.083	
																					412.974	7.472	
																					420.945	7.971	
																					428.23	7.285	
																					434.083	5.853	
																					439.256	5.173	
																					442.986	3.73	
																					445.041	2.055	

ct (km²)	5-oct		6-oct		MEDI		nov-26		nov-27		MEDI	
	AREAS(km²)	1 al.7	AREAS(km²)	1 al.7	AREAS(km²)	1 al.7	AREAS(km²)	1 al.7	AREAS(km²)	1 al.7	AREAS(km²)	1 al.28
0	0	0	296.313	296.313	84.5724	84.5724	418.745	418.745	6.50198	6.50198	212.62349	212.62349
0	8.15838	8.15838	439.985	439.985	143.672	143.672			19.8578	19.8578	13.35582	13.35582
0	82.9046	82.9046	443.442	443.442	5.457	5.457			32.513444	32.513444	32.6087	32.6087
0	151.6	151.6	68.6954	68.6954	40.91185	40.91185			86.8278	86.8278	34.3613	34.3613
0	202.082	202.082	50.462	50.462	26.7265	26.7265			146.508	146.508	59.6802	59.6802
0	255.586	255.586	53.504	53.504	16.6133225	16.6133225			251.867	251.867	105.359	105.359
0	308.42	308.42	52.834	52.834	17.9710275	17.9710275			323.511	323.511	71.644	71.644
0	369.548	369.548	61.128	61.128	19.753975	19.753975			360.175	360.175	36.664	36.664
0	400.223	400.223	30.675	30.675	13.734175	13.734175			387.505	387.505	27.33	27.33
0.630515	429.2	429.2	28.977	28.977	14.2971788	14.2971788			417.958	417.958	30.453	30.453
39.747685	436.222	436.222	7.022	7.022	16.7453463	16.7453463			428.461	428.461	10.503	10.503
48.0485	439.006	439.006	2.784	2.784	17.1444	17.1444			433.805	433.805	5.344	5.344
87.0223	440.985	440.985	1.979	1.979	35.0847667	35.0847667			442.012	442.012	3.885	3.885
67.568	443.181	443.181	2.196	2.196	28.157	28.157			444.675	444.675	2.663	2.663
45.797					30.0735	30.0735						
37.553					26.6435	26.6435						
29.189					24.2515	24.2515						
23.591					22.844	22.844						
21.38					24.017	24.017						
21.018					21.5985	21.5985						
10.537					16.932	16.932						
7.482					16.08	16.08						
4.445					12.282	12.282						
1.44					10.6475	10.6475						
					18.565	18.565						
					13.7	13.7						
					9.967	9.967						
					7.126	7.126						
					7.083	7.083						
					7.472	7.472						
					7.971	7.971						
					7.285	7.285						
					5.853	5.853						
					5.173	5.173						
					3.73	3.73						
					2.055	2.055						



*Estadísticas de la Regresión*

Coef. de determinación múltiple	0.9777
Coef. de determinación R2	0.9558
Coef. de determinación R2	0.9485
Desviación Estándar	14.7655
Observaciones	8.0000

## ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>g.l.</i>	<i>Sum Cuad.</i>	<i>Med. Cuad.</i>	<i>F</i>	<i>V.C.F</i>
Regresión	1.0000	28313.8840	28313.8840	129.8687	0.0000
Residuos	6.0000	1308.1160	218.0193		
Total	7.0000	29622.0000			

	<i>Coef.</i>	<i>Desviación</i>	<i>Estadística t</i>	<i>Prob.</i>	<i>L.I. (95%)</i>	<i>L.S. (95%)</i>
Constante	-73.4935	47.2351	-1.5559	0.1707	-189.0738	42.0867
Variable X 1	0.2834	0.0249	11.3960	0.0000	0.2225	0.3442

## LITERATURA CITADA

**GARCIA E; ( 1964 ).:** Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen ( para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana ). Méx. D.F. Offset Larios 3a. Ed. Corregida y aumentada 1981.

**DELHOUME J.P; 1995:** "fonctionnement hydro-pédologique d' une toposéquence de sols en milieu aride (Reserve de la Biosphere de Mapimi , Nord-Mexique ) ", tesis de doctorado , Universidad de Poitiers , Francia , 293 pp.

**ESTRADA J ; 1993 :** "Pluviometría" cap. in " Estudio de los factores que influyen el escurrimiento del agua en la RH36 " public. Orstom-Cenid-Raspa , 330 pp , Gomez Palacio;

**ESCOURROU G; 1980 :** " Climat et environnement : les facteurs locaux du climat " ; manual de geografía, Masson , Paris , 230 pp. ;

**NOUVELOT J.F; POURRUT P ; 1994:** "Analyse statistique et regionalisation des precipitations en Equateur pp 43-86 Orstom , París

**ANAYA E ; ( 1993 ).** Los recursos forrajeros de un ecosistema árido : el papel de la ganadería extensiva sin manejo en la estructuración de la vegetación en la reserva de la Biosfera de mapimí. Tesis de licenciatura para obtener el grado de Biólogo , Escuela Superior de Biología , Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio , Dgo. México. 95 pp.

**DESCROIX L., 1993:** « Hidrometría » cap. in « Estudio de los factores que influyen el escurrimiento del agua en la RH 36 » public. Orstom-Cenid-Raspa, 330 pp, Gomez Palacio.