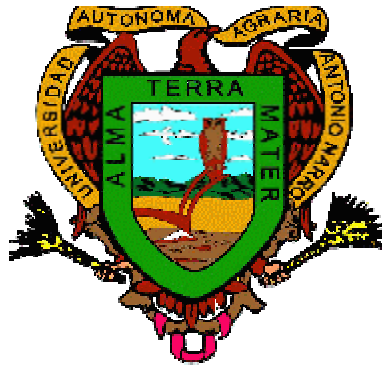


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE INGENIERIA**



Selección y establecimiento de especies forestales de  
acuerdo al régimen pluviométrico de Loma Alta,  
Arteaga, Coahuila

Por:

RIGOBERTO LOERA AMAYA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener El Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2002

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE INGENIERIA

SELECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES  
FORESTALES AL REGIMEN PLUVIOMETRICO DE LOMA  
ALTA, ARTEAGA, COAHUILA

POR

RIGOBERTO LOERA AMAYA

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO, ESPECIALIDAD DE IRRIGACION

APROBADA

---

MC. GREGORIO BRIONES SANCHEZ  
ASESOR PRINCIPAL

---

MC. ARTURO CARRANZA  
COASESOR

---

DR. FELIPE ORTEGA RIVERA  
COASESOR

---

DR. JAVIER DE JESUS CORTES BRACHO  
COASESOR

EL COORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA

---

MC. LUIS E. RAMIREZ RAMOS

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme abierto sus puertas y permitirme culminar mis estudios, al refugiarme en ella y darme la oportunidad de superarme día con día.

Al **Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT)** por el apoyo económico para llevar a la culminación este trabajo.

Con todo respeto al **MC. Gregorio Briones Sánchez** por todo su apoyo incondicional, por brindarme su confianza para la realización del presente trabajo.

Al **Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera** por sus buenos consejos y orientaciones en la realización de dicho trabajo.

Al **MC. Arturo Carranza de la Peña** por su colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

Al **Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho** por su apoyo incondicional y sus buenos consejos para llevar a la culminación este trabajo.

Al **Ing. Fernando Augusto Villarreal Reyna** por su apoyo y consejos durante mi estancia en la UAAAN y el transcurso de mi carrera.

Al **Ing. Sergio Sánchez Martínez** por su apoyo y amistad durante mi desarrollo profesional.

## DEDICATORIA

**A MI DIOS.** Por haberme permitido llegar hasta la UAAAN, por escucharme en los momentos difíciles, por permitirme salir adelante a pesar de todas las adversidades y no dejarme caer en el camino. **Gracias.**

**A MIS PADRES. Rigoberto Loera Ceballos  
Gerarda Amaya Herrera**

A quienes les agradezco con todo mi corazón primero que nada haberme dado la vida, la educación que me dieron, por apoyarme siempre en las decisiones que he tomado, por esa comprensión y cariño que siempre me han brindado, por su motivación para salir adelante y no dejarme caer en el camino, con todo mi amor les dedico este mi primer triunfo.

**A MIS HERMANOS: Rogelio, Angelita y Dalila.**

Principalmente a mi hermano Rogelio por apoyarme siempre por ser mi sostén e inspiración para no caer en la derrota. Gracias hermano.

A mis hermanas gracias por confiar en mí y apoyarme siempre, a cada instante están en mi mente y en mi corazón, las quiero mucho.

**A mi cuñado: Cesar E. Santoy González** por su apoyo en las buenas y las malas, por su amistad de tantos años. Gracias cuñado.

**A MI SOBRINITO: Irvin Alexander Santoy Loera (BUBU).** Por venir a alegrarnos la vida y hacernos mas agradable la existencia que era muy monótona para nosotros.

**A Elizabeth García Mejía.** Gracias por todos los momentos tan lindos que pase junto a ti, por estar siempre en el momento adecuado, siempre serás algo muy especial para mí nunca te olvidare.

**Al Sr. Leocardio Santoy,** por su amistad, apoyo y acertados consejos durante mi estancia en Saltillo.

**Al Sr. Cirino López Maldonado,** por su amistad y apoyo en todo momento.

**A mis Grandes amigos:**

Fidencio Cruz Bautista, Alberto Sánchez Urzua, Santiago Arreola, Carlos José Ortega Camarillo, Bernabé Vázquez C., Enrique E. Castañeda Ocaña, Abelina Roldan Maqueda, por los grandes momentos que pasamos juntos por estar conmigo en las buenas y en las malas, por brindarme su confianza, por su apoyo, nunca los olvidare.

**A mis compañeros:**

Rosa I. Caso Vega, Juan G. Gómez Hernández, Emilio Cardoza, Eliéser López.

Gracias por haber hecho mas grata mi estancia en la UAAAN.

**A los compañeros de séptimo de Irrigación:**

Luis Sánchez Sotero (Pitágoras), Víctor Romeo López (Monclova), Mario A. Cerda Maldonado, por los buenos e inolvidables momentos juntos.

# INDICE

## CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| AGRADECIMIENTOS.....                                    | I      |
| DEDICATORIA.....  | II     |
| CONTENIDO.....  | IV     |
| INDICE DE FIGURAS.....                                  | VII    |
| INDICE DE CUADROS.....                                  | X      |
| RESUMEN.....  | XIII   |
| CAPITULO I.   |        |
| INTRODUCCION.....                                       | 1      |
| Objetivos.....  | 3      |
| CAPITULO II   |        |
| REVISION DE LITERATURA.....                             | 4      |
| El Ciclo Hidrológico.....                               | 4      |
| Cuenca.....   | 5      |
| Precipitación.....                                      | 6      |
| Esgurrimiento.....                                      | 11     |
| Descripción del software SMADA.....                     | 23     |
| Infiltración del agua en el suelo.....                  | 24     |
| Influencia de la vegetación en la precipitación.....    | 26     |
| Influencia de la vegetación en la infiltración.....     | 28     |
| Influencia de la vegetación sobre el escurrimiento..... | 30     |
| Análisis de hidrogramas.....                            | 31     |

|  |    |
|--|----|
| DESCRIPCIÓN DE ESPECIES FORESTALES.....                              | 32 |
| CAPITULO III   |    |
| MATERIALES Y METODOS.....  | 67 |
| Caracterización de la cuenca.....                                    | 67 |
| Localización del área de estudio.....                                | 67 |
| Clima.....   | 67 |
| Vegetación.....  | 69 |
| Suelo.....   | 69 |
| Topografía.....  | 70 |
| Inventario de especies.....  | 72 |
| Prueba de infiltración en campo.....                                 | 75 |
| Datos tomados y metodología de muestreo.....                         | 76 |
| Datos hidrológicos.....  | 76 |
| Datos fenológicos.....   | 76 |
| Procesamiento de datos   |    |
| Esguerrimiento estimado mediante (scs) y con apoyo del software..... | 77 |
| CAPITULO IV  |    |
| RESULTADOS Y DISCUSION.....  | 84 |
| Régimen pluviométrico registrado en el experimento.....              | 84 |
| Volumen de esguerrimiento estimado.....                              | 87 |
| CRECIMIENTO OBSERVADO EN LOS ARBOLES.....                            | 89 |
| Altura.....  | 89 |
| Diametro de tronco.....  | 92 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Radio de copa .....                 | 95  |
| CAPITULO V                          |     |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 99  |
| BIBLIOGRAFIA .....                  | 104 |
| APENDICE.....                       | 107 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| 2.1 Ciclo Hidrológico.....   | 5      |
| 2.2 Cuenca Hidrológica.....  | 6      |
| 2.3 Tipos de Precipitación.....  | 7      |
| 2.4 Instrumentos para medir la precipitación.<br>A) Pluviómetro, B) Pluviografo.....                       | 9      |
| 2.5 Infiltración en un suelo sin vegetación y con vegetación.....  | 29     |
| 3.1 Localización del área de estudio.....  | 67     |
| 3.2 Temperaturas registradas en Arteaga, Coahuila.....   | 68     |
| 3.3 Distribución Mensual de la Precipitación Pluvial en<br>Arteaga, Coahuila.....                          | 69     |
| 3.4 Mapa de curvas a nivel del área de estudio.....  | 71     |
| 3.5 Plano general del experimento.....   | 74     |
| 3.6 Curva de capacidad de infiltración estimada en el área de<br>estudio Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 75     |
| 3.7 Pluviómetros instalados en el área de estudio.....   | 76     |
| 3.8 Página principal del software SMADA.....   | 78     |
| 3.9 Campos para alimentar el archivo de una cuenca.....  | 79     |
| 3.10 Alimentación de campos para el cálculo del Tiempo de<br>Concentración.....                            | 80     |
| 3.11 Captura de la precipitación por tormenta y ajuste a la<br>curva de distribución adimensional.....     | 81     |
| 3.12 Alimentación de los campos para la generación del<br>Hidrograma.....                                  | 82     |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 3.13 | Captura de campos para el ajuste a una de las distribuciones estadísticas.....  | 83  |
| 4.1  | Precipitación Pluvial acumulada anual en los 4 años de estudio.....   | 85  |
| 4.2  | Precipitación pluvial y Evapotranspiración registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....  | 85  |
| 4.3  | Precipitación mensual vs probabilidad de ocurrencia.....  | 86  |
| 4.4  | Precipitación diaria vs probabilidad de ocurrencia.....   | 86  |
| 4.5  | Escurrimiento superficial calculado en el área de Loma, Alta Arteaga, Coahuila.....   | 88  |
| 4.6  | Escurrimiento superficial anual calculado en el área de Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....   | 88  |
| 4.7  | Curva de Crecimiento con respecto a la altura media por fecha de observación en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....              | 90  |
| 4.8  | Altura media observada el 5 de Octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....   | 92  |
| 4.9  | Curva de Crecimiento con respecto al Diámetro de tronco promedio por fecha de observación en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 94  |
| 4.10 | Diámetro de tronco medio observado el 5 de octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                               | 95  |
| 4.11 | Curva de Crecimiento con respecto al radio de Copa promedio observada en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                     | 97  |
| 4.12 | Radio de copa promedio observado el 5 de octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                                 | 98  |
| B.1  | Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año de 1999.....  | 131 |
| B.2  | Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año 2000.....   | 132 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| B.3  | Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año de 2001.....                                  | 133 |
| B.4  | Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año de 2002.....                                  | 134 |
| B.5  | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 4 pulgadas en Loma Alta, Arteaga Coahuila..         | 135 |
| B.6  | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 0.980 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 135 |
| B.7  | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 1.370 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 137 |
| B.8  | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 1.180 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 136 |
| B.9  | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 1 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila...        | 136 |
| B.10 | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 2.250 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 137 |
| B.11 | Hidrograma de escurrimiento superficial generado por una precipitación de 2 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.         | 138 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 2.1 Factores que afectan el escurrimiento.....   | 12            |
| 2.2 Grupos de suelo del método del (S. C. S.).....   | 15            |
| 2.3 Tipo de Condición hidrológica.....   | 16            |
| 2.4 Caracterización hidrológica para varios usos de suelo.....   | 17            |
| 2.5 Valores de curva numérica para condición de humedad<br>antecedente media.....  | 19            |
| 2.6 Valores de curva numérica para condición de humedad<br>antecedente media para diferente vegetación.....  | 20            |
| 2.7 Condición de humedad Antecedente vs lamina precipitada<br>acumulada.....   | 21            |
| 2.8 Curvas numéricas (W) para condiciones de humedad<br>antecedente del suelo húmedo (III) y seco (I) a partir<br>de las condiciones de humedad intermedia (II)..... | 22            |
| 2.9 Influencia de los restos vegetales sobre la escorrentía.....   | 30            |
| 2.10 Influencia de la superficie ocupada por bosques en relación<br>con la escorrentía superficial.....  | 30            |
| 3.1 Características del suelo en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....   | 69            |
| 3.2 inventario de especies establecidas.....   | 72            |
| 4.1 Escurrimiento Superficial Calculado para el área de<br>Loma Alta, Arteaga, Coahila.....  | 87            |
| 4.2 Alturas promedio y nivel de significancia registrados en las<br>especies establecidas en Loma Alta, Arteaga Coahuila   | 89            |
| 4.3 Diámetros de Tronco promedio y nivel de significancia<br>registrados en las Especies Establecidas en Loma Alta,<br>Arteaga Coahuila.....                         | 93            |
| 4.4 Radio de copa promedio y nivel de significancia registrados<br>en las Espacios Establecidas en Loma Alta, Arteaga<br>Coahuila.....                               | 96            |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| A.1  | Temperaturas registradas en Arteaga, Coahuila.....   | 108 |
| A.2  | Distribución mensual de la precipitación en Arteaga, Coahuila  | 108 |
| A.3  | Determinación de la Capacidad de infiltración por el metodo de Horton.....   | 109 |
| A.4  | Precipitaciones acumuladas en los 4 años de estudio.....   | 110 |
| A.5  | Evapotranspiración registrada en Arteaga, Coahuila.....  | 110 |
| A.6  | Registro de datos de Precipitación diarios en la cuenca.....   | 111 |
| A.7  | Análisis de distribución Log Normal para la precipitación mensual en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                         | 112 |
| A.8  | Análisis de distribución Log Normal para la precipitación diaria en los 4 años de estudio en Loma Alta, Arteaga, Coahuila..... | 112 |
| A.9  | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 4 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                          | 114 |
| A.10 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 0.98 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                       | 114 |
| A.11 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1.370 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila                            | 114 |
| A.12 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1.180 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                       | 115 |
| A.13 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                           | 115 |
| A.14 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 2.250 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                       | 115 |
| A.15 | Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 2 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                          | 116 |
| A.16 | Altura Observada el 28 de noviembre del 2001 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila                      | 116 |
| A.17 | Altura Observada en Febrero del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....                         | 117 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| A.18 | Altura Observada el 9 de Agosto del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....            | 117 |
| A.19 | Altura Observada el 5 de Octubre del 2002 en las Especies establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....           | 118 |
| A.20 | Diámetro de Tronco Observado en Febrero del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....    | 118 |
| A.21 | Diámetro de Tronco Observado el 9 de Agosto del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila...  | 119 |
| A.22 | Diámetro de Tronco Observado el 5 de Octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila... | 119 |
| A.23 | Radio de copa observado el 9 de agosto del 2002 en las especies establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....     | 120 |
| A.24 | Radio de copa observado el 5 de octubre del 2002 en las especies establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.....    | 120 |
| A.25 | Análisis de varianza altura (28/noviembre/2001).....  | 121 |
| A.26 | Resultados de la comparación de medias 28/nov/01.....   | 121 |
| A.27 | Diferencia mínima significativa de la altura observada 28/nov/01.....   | 121 |
| A.28 | Análisis de varianza altura (Febrero/2002).....   | 122 |
| A.29 | Resultados de la comparación de medias Febrero/2002.....  | 122 |
| A.30 | Diferencia mínima significativa de la altura observada Febrero/02.....  | 122 |
| A.31 | Análisis de varianza altura (9/agosto/2002).....  | 123 |
| A.32 | Resultados de la comparación de medias 9/agosto/2002.....   | 123 |
| A.33 | Diferencia mínima significativa de la altura observada 9/agosto/02.....   | 123 |
| A.34 | Análisis de varianza altura (5/octubre/2002).....   | 124 |
| A.35 | Resultados de la comparación de medias 5/octubre/2002.....  | 124 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| A.36 | Diferencia mínima significativa de la altura observada<br>5/octubre/02.....          | 124 |
| A.37 | Análisis de varianza diámetro de tronco (Febrero/2002).....                          | 125 |
| A.38 | Resultados de la comparación de medias Febrero/2002.....                             | 125 |
| A.39 | Diferencia mínima significativa diámetro de tronco<br>observada Febrero/02.....      | 125 |
| A.40 | Análisis de varianza diámetro de tronco (9/agosto/2002).....                         | 125 |
| A.41 | Resultados de la comparación de medias 9/agosto/2002.....                            | 126 |
| A.42 | Diferencia mínima significativa diámetro de tronco<br>observada 9/agosto/02.....     | 126 |
| A.43 | Análisis de Varianza diámetro de tronco (5/octubre/2002).....                        | 127 |
| A.44 | Resultados de la comparación de medias 5/octubre/2002.....                           | 127 |
| A.45 | Diferencia mínima significativa diámetro de tronco observada<br>el 5/octubre/02..... | 127 |
| A.46 | Análisis de varianza radio de copa (9/agosto/2002).....                              | 128 |
| A.47 | Resultados de la comparación de medias 9/agosto/2002.....                            | 128 |
| A.48 | Diferencia mínima significativa radio de copa<br>Observada 9/agosto/02.....          | 128 |
| A.49 | Análisis de varianza radio de copa (5/octubre/2002).....                             | 129 |
| A.50 | Resultados de la comparación de medias 5/octubre/2002....                            | 129 |
| A.51 | Diferencia mínima significativa de radio de copa<br>Observada el 5/octubre/2002..... | 129 |

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Desde los primeros vestigios de la humanidad el agua superficial ha desempeñado el más importante papel en la evolución de las culturas primitivas y de la civilización. Las diversas jerarquías de humedad en nuestro país han contribuido vigorosamente al desarrollo de las culturas autóctonas.

En la mayoría de las regiones áridas y semiáridas el agua constituye un recurso escaso cuya disponibilidad resulta esencial para el desarrollo económico y social. Salvo contadas excepciones, en las que el agua de lluvia es captada directamente mediante embalses o depósitos artificiales, normalmente. Esta se recupera después de haber circulado superficial o subterráneamente a través de la cuenca hidrográfica.

La relación existente entre el régimen de precipitaciones, sus tasas de infiltración/escorrentía y los volúmenes de agua disponibles en ríos y arroyos de una cuenca, ha sido siempre un factor de incertidumbre y, por tanto, de estudio.

Se entiende por zonas áridas aquellas áreas cuya precipitación es menor a 350 mm anuales, que presentan una distribución de lluvias muy irregular durante el ciclo vegetativo, que cuentan con una temperatura media anual que oscila entre los 15 y 25 °C y con no menos de 7 meses de sequía y cuya cubierta vegetal es menor al 70 %, predominando en ella los elementos xerófitos. Existen también las zonas semiáridas, las cuales se definen como aquellas áreas cuya precipitación pluvial varía de 350 a 600 mm anuales y cuya vegetación dominante está constituida principalmente por diferentes tipos de matorrales y pastizales naturales



En México, existen 56 millones de kilómetros cuadrados cubiertos por zonas áridas y 23 de zonas semiáridas, que sumadas equivalen a aproximadamente el 40 % de la superficie total del país .

Aproximadamente 75 millones de hectáreas corresponden a selvas bajas, chaparrales y mezquitales y 46 millones de hectáreas a matorrales de diversos tipos como rosetófilo, micrófilo y crasicaule.

La República Mexicana en su parte Norte se encuentra ubicada en los 30° de latitud, donde existen las más desfavorables condiciones para la persistencia de humedad en todas sus formas.

Estas áreas en nuestro país están sometidas a diversos problemas, además de las desventajosas condiciones geográficas, lo que aunado a otros aspectos como la disminución de los fenómenos pluviales, el sobré pastoreo, el desconocimiento de las especies, se suman otros factores que pueden resumirse brevemente a continuación:

1. Haciendo un estudio sobre los regímenes pluviales con respecto al periodo de lluvias y periodo de sequías, se obtiene que el 90% de la precipitación anual se efectúa en 4 o 6 meses del año, y el resto, o sea el 10%, durante los otros 8 o 6 meses.
2. A esta desfavorable concentración de lluvias se suma el relieve abrupto del país, el cual contribuye a que los escurrimientos se efectúen con gran rapidez durante los pocos meses en que se precipita el 90% de la lluvia anual, la cual provoca una intensa erosión y la velocidad del escurrimiento no permite la mayor infiltración.

## **OBJETIVOS**

1. Determinar el régimen climatológico en el área objeto del proyecto.
2. Determinación del escurrimiento superficial para el área de estudio, así como la cuantificación del volumen captado en un área de cultivo servida por el área de captación.
3. Seleccionar plantas con buena respuesta a los mínimos requerimientos de agua.
4. Apoyar el establecimiento áreas verdes con especies que se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de la región.

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### DATOS DISPONIBLES

El estudio climático de una cuenca se efectúa a partir de los datos pluviométricos y termométricos recogidos en estaciones meteorológicas representativas.

#### **Ciclo Hidrológico.**

Se puede considerar a la hidrología como un examen o evolución científica del ciclo del agua, llamado también Ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico se lleva a cabo en tres estratos del sistema terrestre: La atmósfera, o sea la capa gaseosa que envuelve al globo terráqueo, la litosfera que corresponde a la porción sólida de la superficie del globo y la hidrosfera, formada por los cuerpos de agua que cubren la superficie.

A ciencia cierta no se sabe donde se inicia el ciclo Hidrológico, pero se considera que por ocupar los mares y océanos el 70% de la superficie terrestre, es ahí donde se inicia el ciclo, ya que la evaporación proveniente de ellos es mucho mas alta que la proveniente de la tierra y algunas partes de la atmósfera.

El vapor del agua producto de la evaporación, se condensa en la atmósfera formando nubes, las que al reunir ciertas condiciones se precipita llegando al suelo o a los océanos. Parte del agua que precipita puede ser interceptada por las plantas, escurrir sobre la superficie de los suelos o

infiltrarse al subsuelo, gran parte del agua interceptada, de la transpirada por las plantas y de la que escurre superficialmente, vuelve a la atmósfera en forma de vapor. El agua infiltrada puede percolar a zonas profundas, almacenándose en acuíferos, los cuales pueden aflorar en manantiales, agregándose a corrientes superficiales y llegar a mares y océanos para ser evaporada cerrando el ciclo, (Rodríguez, 1981).

Para representar el ciclo hidrológico, se han hecho diferentes diagramas algunos meramente descriptivos, otros cualitativos y otros cuantitativos, como se muestra en la Figura 2.1

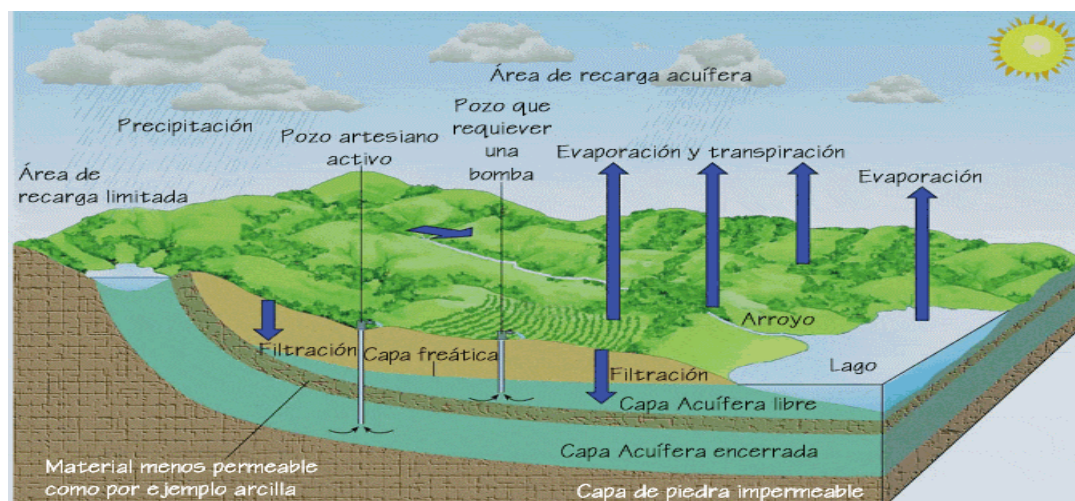


Figura 2.1. Ciclo Hidrológico

## CUENCA

Cuenca es el área que contribuye al escurrimiento y que proporciona todo o parte del flujo de la corriente principal y sus corrientes tributarias, (Muñoz, 2000).

El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación, pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación se hace con pérdidas de agua, que están en función de las condiciones climatológicas y de las características fisiográficas de la misma, sean características geométricas, como el área de drenaje, la pendiente, la

elevación, las características del cauce principal, de la red de corriente, etc., o bien sean características físicas como la cubierta del suelo, el uso del mismo, el tipo, las condiciones de permeabilidad y la capacidad de almacenamiento superficial, etc. Desde el punto de vista hidrológico, no solo interesa el volumen de los escurrimientos (balance hídrico), sino también su reparto en el tiempo (Hidrograma), (Linsley, 1980).

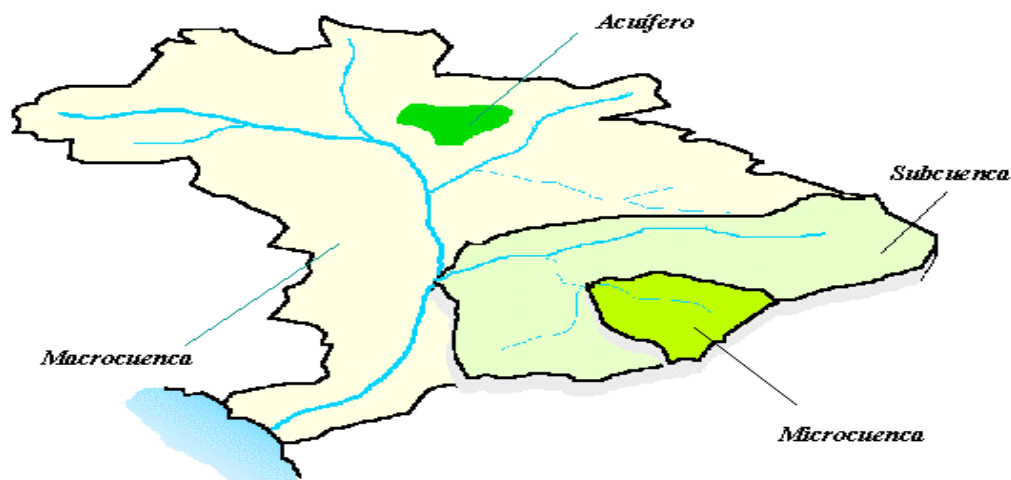


Figura 2.2. Cuenca Hidrológica (Brooks, 1991).

## PRECIPITACIÓN

### Definición:

En hidrología, precipitación es el término general para toda el agua que proviene de las nubes y cae a la tierra en cualquiera de sus estados físicos.

### Formación de la Precipitación

Para que la humedad presente en la atmósfera se precipite es necesario que existan las siguientes condiciones:

1. Cantidad elevada de humedad en forma de vapor en la atmósfera

2. La masa de aire que contiene la humedad, debe ser enfriada a temperaturas inferiores a su punto de condensación.
3. Deberá existir una condensación para formar partículas líquidas o sólidas.
4. Las partículas que se formen deberán aumentar su tamaño de tal forma que puedan precipitarse y llegar al terreno.

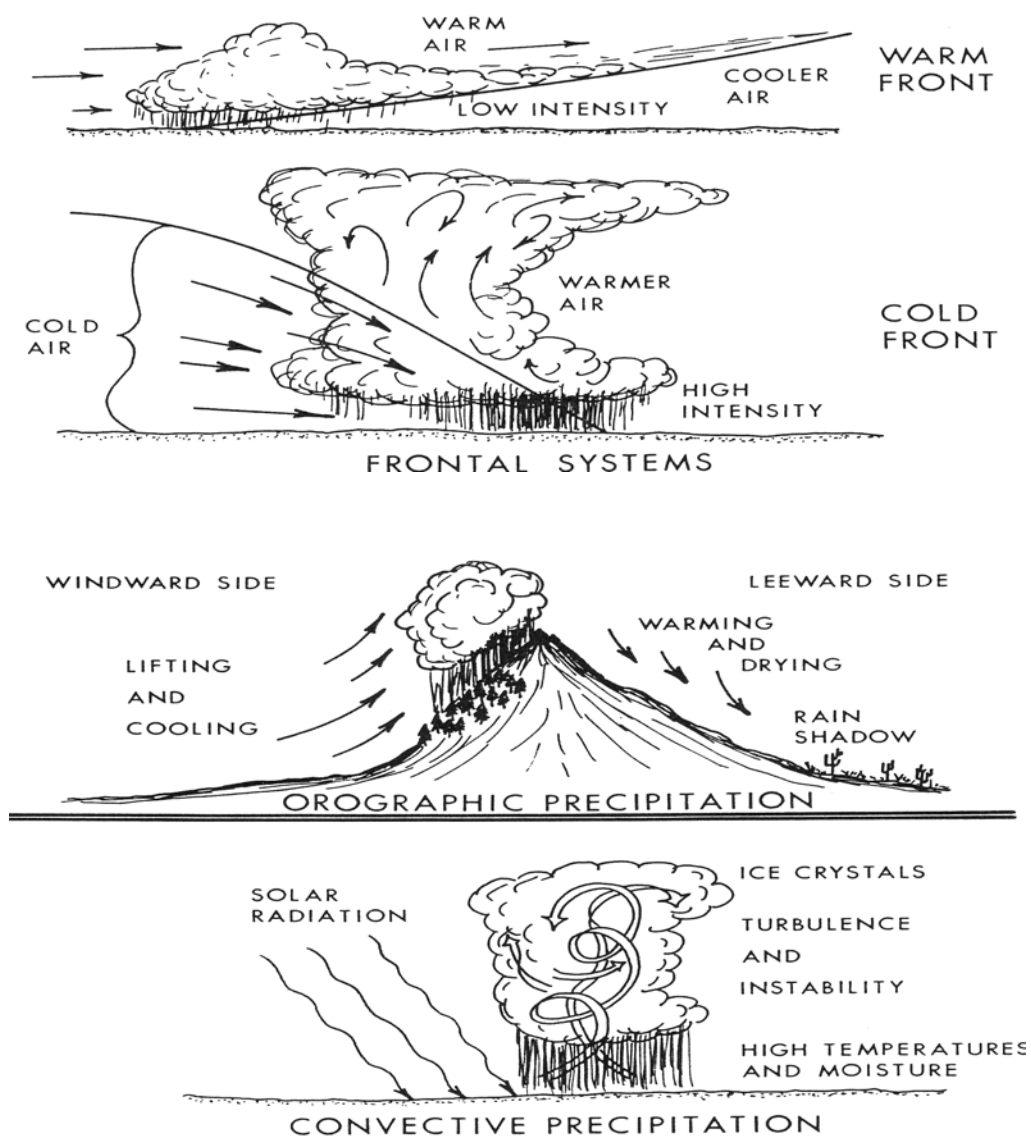


Figura 2.3 Tipos de Precipitación (Brooks, 1991).

## **MEDIDA DE LA PRECIPITACIÓN.**

La precipitación es probablemente el primer elemento meteorológico medido por el hombre. Existe la evidencia que los registros de precipitación fueron utilizados en la India en el siglo IV a.c. Los registros más modernos se comenzaron en Europa, después del siglo XV.

Se han desarrollado una variedad de instrumentos y técnicas para el registro y recopilación de datos de precipitación. Los instrumentos más importantes son los que miden la cantidad y la intensidad de la precipitación.

### **Aparatos de Lectura Directa**

**PLUVIÓMETROS:** Miden la cantidad de precipitación, estos cuentan con un área conocida de captación, un recipiente de volumen conocido, en donde pueden leerse alturas en el recipiente, que posteriormente serán interpretadas como laminas precipitadas.

**TOTALIZADORES:** Son estructuras tubulares, que cuentan con un área de captación, y un elemento que evita la evaporación del agua durante el evento, o el tiempo entre eventos; posteriormente se mide la profundidad a la cual se encuentra el elemento (comúnmente se emplea aceite, y con la lectura anterior, por diferencia se estima la lamina precipitada.

### **Aparatos de Registro Gráfico**

**PLUVIOGRAFOS:** Cuando se requieren estudios más detallados de la precipitación se utilizan estos aparatos registradores, que generalmente constan de una vasija receptora y un cilindro sobre el cual se registra la intensidad y cantidad de precipitación. Los datos obtenidos por medio de estos aparatos son especialmente útiles cuando se estudia la intensidad de la precipitación.

**PLUVIOGRAFOS ELECTRÓNICOS:** Son aparatos mas sofisticados, que cuentan con las características de un pluviografo con la diferencia que almacenan en un cerebro electrónico la información, y no requieren de una visita constante, es claro que el costo de estos los hace poco empleados.

Se emplea también para la determinación de la presencia e intensidad de la precipitación, varios tipos de radar; dependiendo del tamaño de las gotas de lluvia, y la distancia del trasmisor, la cantidad de energía que se registra, el tamaño de las gotas se correlaciona con la intensidad de la lluvia, y la imagen en la pantalla del radar puede interpretarse como una indicación aproximada de la lluvia (Rodríguez, 1981).

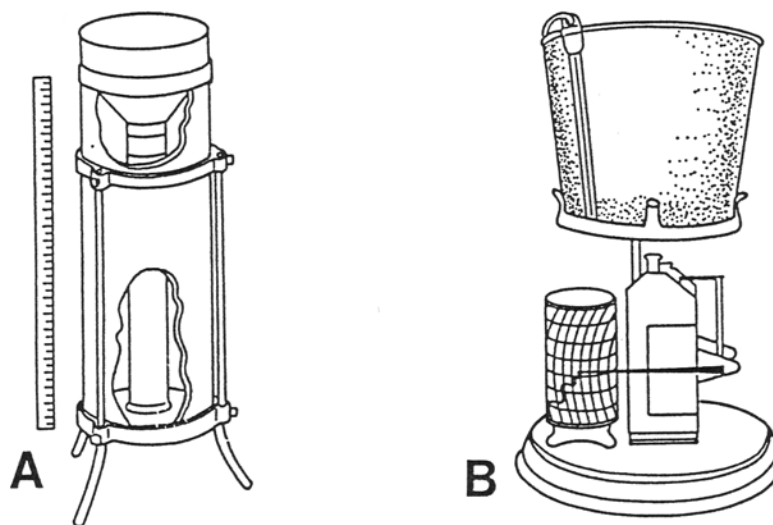


Figura 2.4. Instrumentos para medir la precipitación. A) Pluviómetro, B) Pluviógrafo (Brooks, 1991).

## PRESENTACIÓN DE LA INFORMACION

La información de la magnitud de la precipitación es posteriormente analizada en función del tiempo (duración e intensidad), y del espacio (distribución). La información puede ser obtenida como lluvia diaria, lluvia total por evento; pudiendo considerar laminas, intensidades, y duración.



***Lluvia total:***

Esta información se emplea para calcular probabilidades de ocurrencia de valores límites, como precipitación máxima, la cual es de gran utilidad en la estimación de inundaciones. Existe la dificultad de obtener información detallada, de forma diaria en un cuenca relativamente grande, pues ello incurriría en costos elevados para la obtención de esta información, la utilización de pluviografos electrónicos son recomendados para este fin.

***Intensidades:***

La precipitación se analiza en función del tiempo de duración de la tormenta analizándose con gran detalle para obtener información que nos permita predecir la magnitud de los escurrimientos, según la intensidad de la lluvia en ciertos intervalos de tiempo, y de las características de la cuenca.

**MANEJO DE LA INFORMACION**

La información obtenida independientemente del equipo utilizado, es información puntual. Sin embargo, la precipitación presenta variabilidad tanto en tiempo como espacio, haciendo complicado su análisis. Para hacer un análisis o estudio hidrológico en una determinada superficie, es necesaria la instalación de cierto número de estaciones, a las que se denominan red de estaciones pluviométricas.

Como se mencionó, la precipitación presenta gran variabilidad, y ésta puede deberse a factores orográficos y climáticos, imperantes en la superficie considerada. Conocer la lámina media precipitada, sobre un área, durante un evento o en cierto periodo de tiempo, es de gran utilidad en los estudios hidrológicos, esta lámina media deberá ser equivalente para toda la superficie considerada, para ello cada estación posee una magnitud de influencia, traducido como coeficiente pluviométrico en la cuenca. Para su determinación existen diversos métodos en los que destacan: media

aritmética, polígonos de Thiessen, triangulación, isoyetas, ponderación revisada.

Comparativamente, los métodos difieren en cuanto a la precisión y confiabilidad de los resultados. Uno de los métodos mas recomendados por su grado de precisión, es el método de Polígonos de Thiessen (Muñoz, 2000).

## **ESCURRIMIENTO**

El termino escurrimiento denota aquella parte de la precipitación y otras contribuciones al flujo de corrientes, que alcanzan la red de drenaje superficial de la cuenca. El escurrimiento es el flujo producido en una cuenca que aparece en el punto de drenaje de la misma (Muñoz, 2000).

## **TIPOS DE ESCURRIMIENTO**

Existen diferentes tipos de escurrimiento, de acuerdo con la fuente de la cual provienen, este puede consistir en escurrimiento superficial directo, escurrimiento subsuperficial o ínter flujo, y escurrimiento derivado de mantos subterráneos, o flujo base. Para propósito del estudio solo se define:

Escurrimiento Superficial: Se define escurrimiento superficial o escorrentía superficial, como el agua que discurre sobre la superficie del terreno hasta su cauce. La palabra cauce, entendida como cualquier depresión del terreno por la que puede fluir el agua (pudiendo tener una longitud y una capacidad variable), durante la lluvia y después de ella (Linsley, 1980).

Este tipo de escurrimiento es muy común en regiones áridas y semiáridas donde la escasa vegetación no puede impedir el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo.

## FACTORES QUE AFECTAN EL ESCURRIMIENTO

Desde el punto de vista hidrológico, el escurrimiento producido en una cuenca puede ser considerado como un producto del ciclo hidrológico que es influenciado por dos grupos principales de factores: factores climáticos y factores fisiográficos.

Tabla 2.1 Factores que afectan el escurrimiento

| <b>Factor</b> | <b>Variable</b>                      | <b>Características</b>  |
|---------------|--------------------------------------|---|
| Climáticos    | Precipitación                        | Forma, tipo, intensidad, duración, distribución espacial y temporal: frecuencia, dirección de movimiento, precipitación antecedente y humedad del suelo.                            |
|               | Evaporación                          | Temperatura, viento, presión atmosférica, tipo de superficie evaporativa.   |
|               | Transpiración                        | Temperatura, radiación solar, viento, humedad relativa, humedad del suelo, clase de vegetación.   |
| Fisiográficos | Características de la cuenca         | Tamaño, forma, pendiente, orientación, elevación, densidad de drenaje, uso de la tierra y tipo de cobertura, capacidad de infiltración, condiciones geohidrológicas y topográficas. |
|               | Características de la red de drenaje | Capacidad de conducción, tamaño, forma del área seleccionada, pendiente, rugosidad, longitud, tributarios   |

## **ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO**

Existe una gran diversidad de métodos de cálculo para estimar el escurrimiento superficial directo, se pueden agrupar en orden de importancia creciente como a continuación se indican.

1. Empíricos.
2. Directos o hidráulicos.
3. Estadísticos o probabilísticas.
4. Hidrológicos o de relación lluvia-escurrimiento.

De los cuales se describe el último por las razones abajo indicadas.

### **Relación precipitación escorrentía.**

El volumen de escurrimiento es una variable importante, pues de su conocimiento se derivan decisiones, para la selección en este caso de las especies forestales, conocer la magnitud de dicha variable no es sencillo, pues son bastantes los factores que influyen sobre el escurrimiento ver Tabla 2.1.

Uno de los métodos más usuales por la simplicidad, y la disponibilidad de información, es el propuesto por el Servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos. Este método se basa en la utilización de la lámina total precipitada, y las características de la cuenca, el cual permite estimar el volumen de escurrimiento producido por una tormenta.

La ecuación propuesta por el S.C.S.E.U., para la estimación del volumen de escurrimiento, a partir de la lámina precipitada, y las características de la cuenca, es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Q = volumen de escurrimiento, cm.

P = lámina total precipitada, cm.

S = retención de la cuenca, cm.

La retención de la cuenca, es expresada por medio de índices de cuenca o curvas numéricas W, que están en función de factores como:

- a) Tipo de suelo
- b) Tipo y condición de la vegetación presente.
- c) Condiciones de humedad anterior a la ocurrencia del evento.

Conociendo el índice de cuenca es posible estimar el valor de la retención mediante:

$$S = \frac{2500}{W} - 25$$

Donde:

S = retención de la cuenca, cm.

W = índice de cuenca, cm.

### Curvas numéricas o índice de cuenca (W)

Las curvas numéricas son una representación general de los coeficientes de escurrimiento y fueron obtenidas por el Servicio de Conservación de Suelos, basadas en la observación de hidrogramas procedentes de varias tormentas en diferentes áreas de Estados Unidos. Estas curvas dependen de:

- a) Tipo de suelo
- b) Tipo y condición de la vegetación presente.
- c) Condiciones de humedad anterior a la ocurrencia del evento.

### Grupos de Suelos

Utilizando las características texturales de los suelos (más de 3000) el Servicio de Conservación de Suelos clasifico a estos en 4 grandes grupos de acuerdo con sus características hidrológicas para producir escorrentía, como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Grupos de suelo del método del Servicio de Conservación de Suelos

| <b>GRUPO DE SUELO</b> | <b>DESCRIPCION DE CARACTERISTICAS</b>  |
|-----------------------|--|
| <b>A</b>              | Suelos con potencial de escurrimiento bajo. Incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; y suelos permeables con grava el perfil.   |
| <b>B</b>              | Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente bajo. Son suelos arenosos menos profundos y agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedos. Ejemplos: migajones arenosos ligeros y migajones limosos.                      |
| <b>C</b>              | Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente alto. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que los del grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que el promedio después de saturación. Ejemplo: migajones arcillosos. |
| <b>D</b>              | Suelos con alto potencial de escurrimiento. Suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados.   |

### Condición hidrológica del área de estudio

El indicador de la condición hidrológica es la cubierta vegetal y su variación depende de la densidad de la cobertura de tal manera que se agrupan en tres grandes grupos.

Tabla 2.3 Tipo de Condición hidrológica

| <b>Condición</b> | <b>Cobertura</b> |
|------------------|------------------|
| Buena            | Mayor de 75 %    |
| Regular          | Entre 50 y 75 %  |
| Pobre            | Menor de 50 %    |

Como la vegetación es clasificada de acuerdo a su parte, el tipo de vegetación influye en la condición hidrológica y esta varía con el uso del suelo, como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Caracterización hidrológica para varios usos de suelo

| <b>USO DEL SUELO</b>        | <b>CONDICION HIDROLOGICA</b> | <b>DESCRIPCION</b>   |
|-----------------------------|------------------------------|--|
| <b>Pastizales Naturales</b> | <b>Pobre</b>                 | Pastos dispersos, fuertemente pastoreado con cobertura menor de 50%.                       |
|                             | <b>Regular</b>               | Pastos con pastoreo moderado, cobertura del 50% al 75%.                                    |
|                             | <b>Buena</b>                 | Pastos con pastoreo ligero, con cobertura mayor de 75%.                                    |
| <b>Pastizales mejorados</b> | <b>Buena</b>                 | Mezcla de pastos y leguminosas bajo sistema de manejo adecuado                             |
| <b>Áreas de bosque</b>      | <b>Pobre</b>                 | Áreas fuertemente pastoreadas con árboles dispersos, sin crecimiento rastrero.             |
|                             | <b>Regular</b>               | Árboles dispersos, moderado crecimiento rastrero, y pastoreo moderado.                     |
|                             | <b>Buena</b>                 | Áreas densamente pobladas, con pastoreo mínimo.  |
| <b>Praderas en rotación</b> | <b>Pobre</b>                 | Praderas sobre pastoreadas, con reducida población.  |
|                             | <b>Buena</b>                 | Praderas moderadamente pastoreadas, con alta población, y usadas en rotación con cultivos. |
| <b>Cultivos</b>             | <b>Pobre</b>                 | Cultivos en pendiente, condiciones de monocultivo.   |
|                             | <b>Buena</b>                 | Cultivos en rotación, cultivos de cobertera, cultivos barbechados                          |



### Uso del suelo

La utilización de los terrenos ya sea como área de cultivo, pastizales, bosques, etc., tiene influencia en la escorrentía y esto es más notorio cuando además de la cubierta vegetal se desarrollan tratamientos de suelo o se realiza siembra en hileras, tupidos, en surcos rectos o en contorno. Considerando estos factores se obtuvieron los valores de  $W$  para diferentes condiciones hidrológicas y tipos de suelo para zonas húmedas y subhúmedas como aparece en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Valores de curva numérica para condición de humedad antecedente media.

| Uso del suelo                                |                         | Condición hidrológica | Grupo de suelo |    |    |    |
|--|-------------------------|-----------------------|----------------|----|----|----|
|  |                         |                       | A              | B  | C  | D  |
| Tierra en descanso                           | Surcos rectos           |                       | 77             | 88 | 91 | 94 |
| Cultivos de escarda                          | Surcos rectos           | Pobre                 | 71             | 81 | 88 | 91 |
|  |                         | buena                 | 67             | 78 | 85 | 89 |
|  | Curva a nivel           | Pobre                 | 70             | 79 | 84 | 88 |
|  |                         | buena                 | 65             | 75 | 82 | 86 |
|  | Terraza y curva a nivel | Pobre                 | 66             | 74 | 80 | 82 |
|  |                         | buena                 | 62             | 71 | 78 | 81 |
| Cultivos cerrados                            | Surcos rectos           | Pobre                 | 65             | 76 | 84 | 88 |
|  |                         | buena                 | 63             | 75 | 83 | 87 |
|  | Curva a nivel           | Pobre                 | 63             | 74 | 82 | 85 |
|  |                         | buena                 | 61             | 73 | 81 | 84 |
|  | Terraza y curva a nivel | Pobre                 | 61             | 72 | 79 | 82 |
|  |                         | buena                 | 59             | 70 | 78 | 81 |
| Leguminosas en hilera o forrajes en rotación | Surcos rectos           | Pobre                 | 66             | 77 | 83 | 85 |
|  |                         | buena                 | 58             | 72 | 81 | 85 |
|  | Curva a nivel           | Pobre                 | 64             | 75 | 83 | 85 |
|  |                         | buena                 | 55             | 69 | 78 | 83 |
|  | Terraza y curva a nivel | Pobre                 | 63             | 71 | 80 | 83 |
|  |                         | buena                 | 51             | 67 | 78 | 80 |
| pastizal                                     | Natural                 | Pobre                 | 68             | 79 | 86 | 89 |
|  |                         | Regular               | 49             | 69 | 79 | 84 |
|  |                         | Buena                 | 39             | 61 | 74 | 80 |
|  | Curva a nivel           | Pobre                 | 47             | 67 | 81 | 88 |
|  |                         | Regular               | 25             | 59 | 75 | 83 |
|  |                         | Buena                 | 8              | 35 | 70 | 79 |
| Pasto de corte                               | Curva a nivel           | Buena                 | 30             | 58 | 71 | 78 |
| bosque                                       |                         | Pobre                 | 45             | 66 | 77 | 83 |
|  |                         | Regular               | 36             | 60 | 73 | 79 |
|  |                         | Buena                 | 25             | 55 | 70 | 71 |
| Caminos de tierra                            |                         | Buena                 | 72             | 82 | 87 | 89 |
| Caminos pavimentados                         |                         | Buena                 | 74             | 84 | 90 | 92 |

Tabla 2.6. Valores de curva numérica para condición de humedad antecedente media

| Tipo de vegetación                 | Grupo de suelo | Ecuación                  | Notas |
|------------------------------------|----------------|---------------------------|-------|
| Matorral de juníferos con pastizal | C              | $W_{II} = 88-C^{0.32}$    | 1     |
|                                    | B              | $W_{II} = 82-C^{0.42}$    | 1     |
| Matorral de arbustos con pastizal  | C              | $W_{II} = 86.5-C^{0.46}$  | 1     |
|                                    | B              | $W_{II} = 73.5-C^{0.415}$ | 1     |
| Herbáceas                          | D              | $W_{II} = 93-C^{0.115}$   | 1     |
|                                    | C              | $W_{II} = 90-C^{0.19}$    | 1     |
|                                    | B              | $W_{II} = 84-C^{0.25}$    | 1     |
| Matorral desértico                 | D              | $W_{II} = 93-C^{0.06}$    | 2.3   |
|                                    | C              | $W_{II} = 80-C^{0.06}$    | 2.3   |
|                                    | B              | $W_{II} = 84-C^{0.06}$    | 2.3   |
| Bosque de coníferas                | C              | $W_{II} = 83-C^{0.14}$    | 2.4   |
|                                    | B              | $W_{II} = 76-C^{0.31}$    | 2.4   |
| Pastizal de agostadero             | A              | $W_{II} = 77-C^{0.56}$    | 3     |
|                                    | A              | $W_{II} = 63-C^{0.28}$    | 6     |
|                                    | B              | $W_{II} = 83-C^{0.28}$    | 6     |
|                                    | C              | $W_{II} = 89-C^{0.18}$    | 6     |
|                                    | D              | $W_{II} = 91-C^{0.13}$    | 5     |
| Pasto anual                        | A              | $W_{II} = 75-C^{0.44}$    | 3     |
|                                    | A              | $W_{II} = 60-C^{0.13}$    | 6     |
|                                    | B              | $W_{II} = 83-C^{0.26}$    | 6     |
|                                    | C              | $W_{II} = 89-C^{0.18}$    | 6     |
|                                    | D              | $W_{II} = 91-C^{0.13}$    | 7     |
| Áreas Forestales                   | A              | $W_{II} = 50.5-C^{0.286}$ | 7     |
|                                    | B              | $W_{II} = 71.5-C^{0.229}$ | 7     |
|                                    | C              | $W_{II} = 81.5-C^{0.229}$ | 7     |
|                                    | D              | $W_{II} = 87-C^{0.21}$    | 7     |
| Caminos                            | A              | $W_{II} = 73$             | 7     |
|                                    | B              | $W_{II} = 83$             | 7     |
|                                    | C              | $W_{II} = 88.5$           | 7     |
|                                    | D              | $W_{II} = 90.5$           | 7     |
| Roca desnuda                       |                | $W_{II} = 96$             | 8     |
| Superficies líquidas               |                | $W_{II} = 100$            | 8     |

Todos los valores de  $w$  son para una condición de humedad antecedente media,  $la = 0.2 \cdot S$ , y cubierta sin rocas. <sup>1</sup> De Enderlin y Markowitz (1962). <sup>2</sup> De Simanton y Sutter (1973). <sup>3</sup> Para  $C < 50\%$ . <sup>4</sup> Para  $10\% < C < 80\%$  relación no lineal a  $W = 83$  y  $W = 7.3$ . <sup>5</sup> Del National engineering handbook. <sup>6</sup> Para  $C > 50\%$  note la similitud entre los coeficientes para pastos anuales y pastizales de agostadero excepto para el grupo de suelos A. <sup>7</sup> De datos no publicados del U.S. Forest Service. <sup>8</sup> Asume  $la = 0.08$  pulgadas.

### Condición de humedad antecedente

El escurrimiento aumenta a medida que aumenta el contenido de humedad del suelo al momento de presentarse la tormenta. Por esta razón, en este método se utiliza la Tabla 2.7 que nos presenta la precipitación acumulada en los cinco días previos a la tormenta, se utiliza para diferenciar la condición de humedad antecedente en tres clases como se indica.

Tabla 2.7. Condición de humedad antecedente vs lamina precipitada acumulada.

| <b>CHA</b> | <b>Precipitación acumulada mm</b> |
|------------|-----------------------------------|
| <b>I</b>   | <b>P &lt; 12.5</b>                |
| <b>II</b>  | <b>P 12.5 – 37.5</b>              |
| <b>III</b> | <b>P &gt; 37.5</b>                |

Tabla 2.8. Curvas numéricas (W) para condiciones de humedad antecedente del suelo húmedo (III) y seco (I) a partir de las condiciones de humedad intermedia (II)

| <b>W II</b> | <b>W I</b> | <b>W III</b> |
|-------------|------------|--------------|
| 100         | 100        | 100          |
| 95          | 87         | 98           |
| 90          | 78         | 96           |
| 85          | 70         | 94           |
| 80          | 63         | 91           |
| 75          | 57         | 88           |
| 70          | 51         | 85           |
| 65          | 45         | 82           |
| 60          | 40         | 78           |
| 55          | 35         | 74           |
| 50          | 31         | 70           |
| 45          | 26         | 65           |
| 40          | 22         | 60           |
| 35          | 18         | 55           |
| 30          | 15         | 50           |
| 25          | 12         | 43           |
| 20          | 9          | 37           |
| 15          | 6          | 30           |
| 10          | 4          | 22           |
| 5           | 2          | 13           |

$$W_I = 2.166 + 0.169W_{II} + 7.66 \cdot (10)^{-3} W_{II}^2$$

$$W_{III} = 6.931 + 1.596W_{II} - 6.73 \cdot (10)^{-3} W_{II}^2$$

Donde:

$W_I$  = valor de la curva numérica para condición seca.

$W_{II}$  = valor de la curva numérica para condición media.

$W_{III}$  = valor de la curva numérica para condición húmeda.

Una vez obtenidos los datos de precipitación y el valor de W, el escurrimiento medio de la cuenca por unidad de superficie puede ser obtenido aplicando la ecuación, todo lo anterior tomado de (Linsley, 1980).

## **DESCRIPCION DEL SOFTWARE SMADA**

Este programa de computadora escrito por el Dr. R. D. Eaglin se usa para la generación del Hidrograma, manejo y diseño de tormentas. Se accede del escritorio de la PC al menú principal codificado como SMADA que son las siglas en ingles de (Tormenta, Manejo, Ayuda y Diseño). Los menús de programas del SMADA se muestran en las Figuras de Materiales y Métodos. Pueden guardarse archivos desde una lluvia y archivos de datos de cuenca en los drives, A y C, y estos pueden usarse de nuevo cuantas veces se requiera, un de estos archivos puede ser necesario antes de que el programa se comience, así el usuario puede abrir el SMADA buscar el archivo y entrar. Frecuentemente el usuario puede desear guardar el programa o imprimir al final de una sesión, al usuario se le pedirá especificar el tipo de operación de otra manera al salir se perderá la información no guardada.

El programa de diseño de tormentas (SMADA) puede usarse en una multitud de maneras. Es un software interactivo, el paquete de diseño originalmente escrito en el idioma Basic y actualizado a ambiente Windows. Tiene un directorio interior para el almacenamiento de archivos. Pueden crearse los archivos de lluvia y área de drenaje una y otra vez. Otro disquete o una unidad de disco duro deben usarse para el almacenamiento de archivos creados por el usuario (Wanielista, 1990).

## **UTILIZACION PRÁCTICA**

La obtención de información sobre la magnitud de los escurrimientos, permite la realización de hidrogramas, que relacionan volumen, gasto máximo escurrido y tiempo, y son altamente empleados.

Una aplicación de gran importancia, radica en conocer la periodicidad y probabilidad de ocurrencia de avenidas. Esto se logra mediante el análisis de información de magnitudes de escurrimiento, durante un periodo considerado de tiempo, lo cual se utilizará para predecir la disponibilidad del agua.

## **INFILTRACION DEL AGUA EN EL SUELO**

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por el, o alcanza un nivel en el acuífero incrementando el volumen acumulado anteriormente (Custodio, 1983).

Se denomina capacidad de infiltración de un suelo, a la máxima cantidad de agua, que puede absorber en la unidad de tiempo y en condiciones definidas Herts, citado por Custodio (1983).

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en un intervalo de tiempo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo. Después de un tiempo largo, la velocidad con que el agua entra en el suelo se acerca a un valor constante conforme la curva se aproxima a una línea recta. Por lo general la velocidad de infiltración se sitúa en una escala logarítmica en ordenadas, y tiempo en abscisas (Gavande, 1982).

## **MODELOS MATEMATICOS PARA DESCRIBIR LA INFILTRACION**

En la actualidad existe un gran número de modelos matemáticos para describir la infiltración y cada uno de ellos presenta ciertas ventajas para casos particulares. Entre los principales, están: el modelo de Kostiakov modificado, el modelo de Horton, y el de Philip (Narro, 1994).

## ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE HORTON

La Estimación de la Infiltración por el método de Horton requiere la entrada de cuatro parámetros:

1. La Infiltración máxima: La capacidad máxima de infiltración del suelo en pulgadas. Si el suelo tiene una capacidad de infiltración ilimitada, cualquier número grande (mayor que la lluvia) puede entrar en este campo.
2. La Proporción de la Infiltración límite o final
3. La Proporción de la Infiltración inicial
4. El Coeficiente de Horton

El uso de los cilindros infiltrometros dobles proporciona datos que pueden ser aplicables a la ecuación de Horton (Wanielista, 1990):

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$$

Donde:  $f(t)$  = la proporción de la Infiltración como una función de tiempo en cm/hr.

$f_c$  = Último (Limite)de la Proporción de la infiltración en cm/hr.

$f_o$  = la Proporción de la Infiltración Inicial cm/hr.

$K$  = el Coeficiente de Horton

$t$  = tiempo horas.

Las unidades deben permanecer constantes como las que se indican arriba



## **EVALUACION DE LA INFILTRACION**

El método que comúnmente es usado es el llamado método de Muntz: Son dos superficies cilíndricas, abiertas por las dos bases y unidas entre sí, para mantenerse concéntricas al hincarlas parcialmente en el terreno, a una profundidad de unos 10 cm. Se añade una cantidad conocida de agua, hasta que cubra suficientemente la punta de una varilla de medición, situada en posición vertical en el área encerrada por el cilindro interior, y entre los dos cilindros, se mantiene ese mismo nivel de agua. La misión del cilindro exterior es, únicamente impedir la expansión lateral del agua infiltrada, a través del área que limita el cilindro interior. Al cabo de un cierto tiempo, que debe medirse, la lámina de agua enrasa con la punta de la varilla, y se repite la operación de añadido de una cantidad conocida de agua. Midiendo los tiempos que tardan en infiltrarse estos volúmenes de agua, se deduce la capacidad de infiltración.

De esta manera se obtienen los valores del comportamiento de la infiltración, es necesario realizar una regresión logarítmica que permita ajustar los valores a una curva de la velocidad de infiltración, del tipo exponencial (Narro, 1994).

## **Influencia de la vegetación sobre la precipitación**

Un análisis ordenado de esta cuestión lleva a considerar las influencias de la vegetación en el origen de las precipitaciones, en la intercepción y en las condensaciones internas, rocíos y escarchas.

En cuanto a su origen, las precipitaciones pueden ser ciclónicas, convectivas y orográficas.

Evidentemente, en las precipitaciones de origen ciclónico la vegetación no tiene influencia apreciable.

En las regiones de clima cálido, donde durante el día se producen grandes calentamientos del suelo, parece lógico que el aporte de agua de la vegetación a la atmósfera pueda aumentar en alguna medida, incluso intensificar las precipitaciones convectivas.

Las precipitaciones orográficas se ven influenciadas por la vegetación en un doble aspecto: por un lado, los bosques acrecientan la altura efectiva y en consecuencia los desniveles que han de remontar los vientos, lo que puede corresponder a un aumento de las precipitaciones comprendido entre 0.8 y 1.2%, según experiencias.

En cuanto a las influencias de la vegetación en la intercepción, las precipitaciones atmosféricas, bien en forma de lluvia o de nieve, al incidir sobre una superficie boscosa, son interceptadas o retenidas en sus hojas y ramillas, y en consecuencia, parte de las mismas no llegan al suelo. El agua que llega al suelo es la precipitación neta y el volumen que queda en el estrato de vegetal, la intercepción.

Entre los factores que influyen en este proceso pueden destacar: la especie vegetal y su edad, el tipo de bosque y las circunstancias del medio (temperatura ambiental, presión atmosférica, etc.).

El fenómeno de intercepción es mayor en precipitaciones débiles que en aguaceros fuertes. Según experiencias en EE.UU., la capacidad de retención de las masas arbóreas varía entre 0.18 y 7.75 mm.

Puede establecerse que la intercepción contribuye fundamentalmente a la redistribución de la precipitación, sobre todo en zonas de escasos recursos

de agua. Finalmente son interesantes las consecuencias de la intercepción en la conservación del suelo, reteniendo parte de la precipitación que alcanza su superficie durante un aguacero, y por lo tanto parte de la energía capaz de producir la remoción y movilización de suelo, (López, 1998).

### **Influencia de la vegetación sobre la infiltración**

La infiltración disminuye rápidamente en relación directa con la profundidad del suelo, y es muy superior en los suelos forestales que en los agrícolas.

En lo que respecta al sistema radical, especialmente si se trata de vegetación arbórea, al descomponerse las raíces crean innumerables canalillos, más o menos impermeables, por donde circula el agua con facilidad.

Las razones que favorecen esta manifiesta permeabilidad de los suelos que soportan bosque son. Por una parte, la continúa incorporación de la materia orgánica al suelo, como consecuencia de la caída de hojas, ramillas, etc., lo que contribuye a que su estructura sea más granular, incrementando la absorción de agua por el suelo que suaviza el gradiente de la curva de infiltración, como se puede observar en la figura 2.5.B.

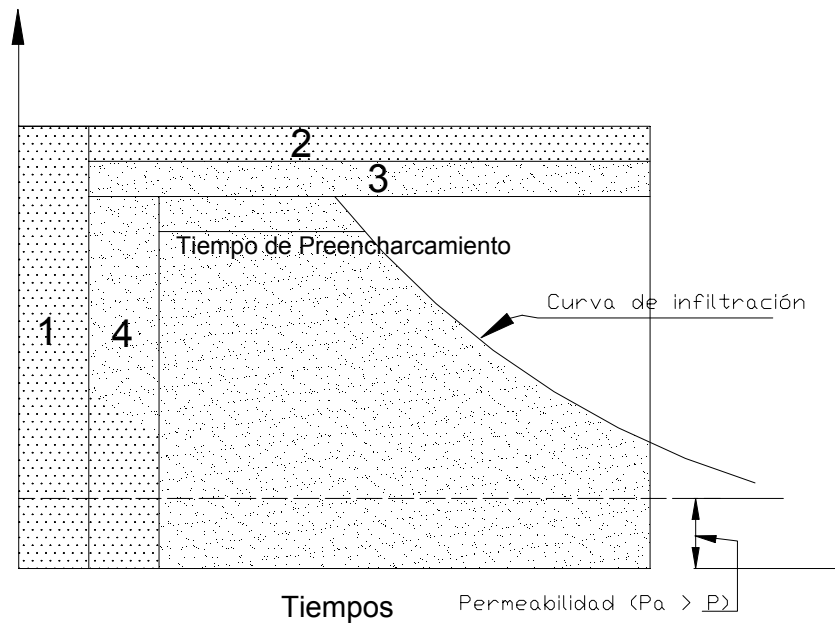
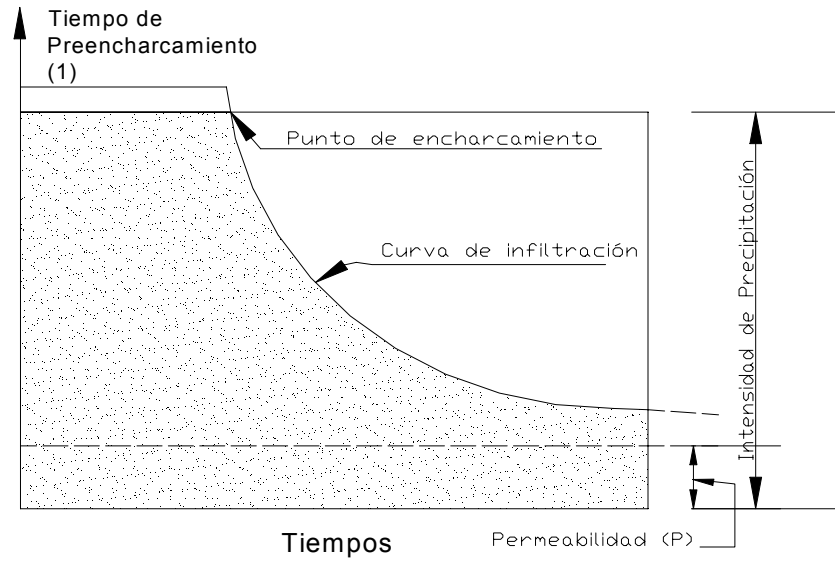


Figura 2.5 Infiltración en un suelo A) sin vegetación y B) con vegetación

- 1) Intercepción previa
- 2) Agua de intercepción evaporada durante el aguacero
- 3) Agua filtrada por escurrimiento de los troncos
- 4) Agua retenida por la cubierta en contacto con el suelo

## Influencia de la vegetación sobre el Escurrimiento

El papel fundamental que desempeña la vegetación, principalmente los bosques, sobre la escorrentía es el de modificar la forma en que esta agua acceden a los cauces, disminuyendo drásticamente las aportaciones de superficie y aumentando correspondientemente las subterráneas.

En este aspecto de disminución de las escorrentías superficiales e incremento de la dotación de agua del suelo es donde las masas forestales tienen una espectacular eficacia, conjugándose distintos factores para conseguir este efecto. Así, la mayor capacidad de infiltración de que dotan a los suelos, la intercepción de la precipitación, que disminuye la intensidad de aguaceros y distribuye el agua a lo largo del tiempo; la mayor rugosidad de la superficie y los mayores obstáculos del contorno, que producen una fuerte disminución de la velocidad de desplazamiento de las aguas superficiales, evitando con ello la erosión del suelo, (López, 1998).

Tabla 2.9. Influencia de los restos vegetales sobre la escorrentía

| Espesor de los restos vegetales en cm. | Escorrentía Superficial |
|--|-------------------------|
| 1.2                                    | 0.005                   |
| 0.7                                    | 0.08                    |
| 0.2                                    | 0.18                    |
| 0.1                                    | 0.30                    |

Tabla 2.10. Influencia de la superficie ocupada por bosques en relación con la escorrentía superficial

| % de superpie boscosa        | 0     | 10    | 20    | 30    | 50    | 60 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| % de escorrentía superficial | 65-75 | 25-45 | 18-25 | 14-20 | 10-15 | 8  |

## **ANALISIS DE HIDROGRAMAS**

Un Hidrograma unitario es una grafica que muestra la elevación, descarga, velocidad, u otras propiedades del flujo de agua con respecto al tiempo.

El Hidrograma puede ser interpretado como la expresión integral de las características climáticas y fisiográficas que gobiernan la relación entre precipitación y escurrimiento para una cuenca hidrológica. El Hidrograma muestra la distribución temporal del escurrimiento en el punto de medición, por medio de una curva empírica única (Kazmann, 1975).

## DESCRIPCION DE ESPECIES FORESTALES

### PIRUL (*Schinus molle*)

#### HABITAT

Prospera a orilla de caminos, en zonas perturbadas con vegetación secundaria, en pedregales y lomeríos, terrenos agrícolas, pendientes (20 a 40 %). Clima entre subtropical, cálido-templado, semiárido, templado seco y templado húmedo. No tiene exigencias en cuanto a suelo, pero prefiere suelos arenosos. Tolera texturas pesadas, suelos muy compactados y pedregosos. Suelos: toba andesítica, fluvisol eútrico arenoso, roca metamórfica, cambisol eútrico arcilloso, aluvión, arenoso seco.

**Aspectos del cultivo.** Se aconseja practicar poda de formación en árboles jóvenes y poda sanitaria en adultos. Conviene cortar la corteza en primavera para promover su crecimiento. El riego es importante en las primeras etapas. No requiere fertilización. La siembra debe hacerse en sustratos permeables para que las sustancias inhibitorias de la germinación se lixivien. Las semillas remojadas por varios días, se siembran en almácigos y luego se trasplantan a envases. Se planta a una distancia mínima de 8 m entre cada árbol, en lugares con suficiente espacio, lejos de construcciones e instalaciones subterráneas. La producción de vivero es aproximadamente de 17,000 plantas por kg de semilla. Se siembran en hileras a 2 cm de distancia, empleando 120 g de semilla por m<sup>2</sup>. Trasplantar con cepellón. El árbol tolera bien la poda.

#### PROPAGACION

##### Reproducción asexual.

1. Brotes o retoños (tocón).
2. Injerto.
3. Rizoma.

4. Estacas o esquejes.

### **Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).
2. Acodo aéreo.
3. Regeneración natural.

## **EFFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

### **Efecto(s) restaurador(es).**

1. Conservación de suelo / Control de la erosión. Se trata de uno de los pocos árboles que prosperan en pedregales y lomeríos.
2. Mejora la fertilidad del suelo. Las hojas, ramas y frutos se caen abundantemente y al caer constituyen una buena materia orgánica que aumenta la fertilidad del suelo.
3. Recuperación de terrenos degradados.

### **Servicio(s).**

1. Cerca viva en los agrohábitats.
2. Barrera rompevientos.
3. Ornamental. Se planta a orilla de caminos, en calles, parques y jardines. Es una de las plantas de ornato más comunes de las áreas verdes del Valle de México, aunque sus flores y frutos resinosos ensucian bastante.
4. Sombra / Refugio. Actúa como sombra y refugio para la vida silvestre.

## **TOLERANCIAS**

### **Demandante de.**

1. Luz.

### **Resistente a.**

1. Sequía. Es una planta muy resistente a la sequía.



2. Daño por termitas.

#### **Tolerante a.**

1. Inundación periódica o permanente.
2. Semisombra. No tolera el sombreado total. A la sombra crece bien en suelos someros, compactados y suelos alcalinos, así como en suelos de sustrato rocoso.
3. Suelos compactados y pedregosos (texturas pesadas).
4. Suelos pobres.
5. Suelos ácidos.
6. Suelos yesosos.
7. Suelos con metales pesados.
8. Suelos calizos.
9. Suelos alcalinos.
10. Rocío salino.
11. Contaminación ambiental.
12. Exposición constante al viento.

#### **DESVENTAJAS**

##### **Sensible / Susceptible a.**

1. Heladas prolongadas.
2. Daño por insectos (hojas). La escama *Ceroplastes* sp. (Homóptera) y las orugas de la palomilla *Rothschildia orizabae*, ocasionan defoliaciones, aunque su daño no es importante.

#### **USOS**

1. **Aromatizante [toda la planta].** Todo el árbol despiden un intenso olor perfumado debido a la presencia de abundantes aceites esenciales y volátiles.

2. **Base para chicle [exudado (resina)].** Su resina blanquecina es usada en América del Sur como goma de mascar, se dice que fortalece las encías y sana las úlceras de la boca.
3. **Colorantes [hoja, tallo, corteza, raíz].** El cocimiento de hojas, ramas, corteza y raíz se emplea para el teñido amarillo pálido de tejidos de lana.
4. **Combustible [madera].** Leña y carbón.
5. **Comestible (fruta) [fruto].** Con los frutos se prepara una bebida refrescante. En México se elaboran bebidas mezclándolas con atole o fermentando con pulque.
6. **Condimento / Especias [fruto].** Los frutos secos se han empleado en algunos países para adulterar la pimienta negra por su sabor semejante. Aunque su uso es cada vez menor ya que afecta la salud.
7. **Cosmético / Higiene [hoja].** De las hojas se extrae un aceite aromatizante que se usa en enjuagues bucales y como dentífrico. Las semillas contienen aceites de los cuales se obtiene un fijador que se emplea en la elaboración de perfumes, lociones, talcos y desodorantes.
8. **Curtiente [corteza].** Sirve para teñir pieles.
9. **Forrajero [fruto].** Importante alimento para pájaros.
10. **Implementos de trabajo [madera].** Mangos de herramientas, estacas, enseres rurales y fustes de sillas de montar.
11. **Industrializable [exudado (resina), ceniza].** La resina se podría utilizar en la fabricación de barnices. Su ceniza rica en potasa se le usa como blanqueador de ropa; así mismo, en la purificación del azúcar.
12. **Insecticida / Tóxica [fruto, hoja (aceite)].** El aceite esencial de las hojas y frutos ha mostrado ser un efectivo repelente de insectos, particularmente contra la mosca casera. El fruto puede contener 5 % de aceite esencial y las hojas 2 %.

**13. Medicinal [hoja, flor, fruto, corteza, exudado (resina)].** Propiedades y acciones: analgésico, antibacterial, antidepresivo, antimicrobial, antifúngico, antiviral, antiespasmódico, astringente, balsámico, citotóxico, diurético, expectorante, hipotensivo, purgativo, estomáquico, tónico, uterino, estimulante. El pirul es una especie de amplio uso en el centro y norte del país. Se recomienda para padecimientos digestivos (cólicos, bilis, dolor de estómago y estreñimiento) y se emplea como purgante y diurético. Las hojas (en cocimiento o machacadas) se usan para lavados en casos de enfermedades venéreas (gonorrea), ojos irritados, conjuntivitis y cataratas. La infusión de la corteza disminuye las inflamaciones y favorece la cicatrización de las úlceras. La resina es sumamente peligrosa, pero se ha usado en dolor de muelas, dientes picados y para cicatrizar heridas. Fue utilizada para embalsamar los cuerpos de los Incas. Las ramas maceradas como papilla o hervidas para su aplicación local o remojadas en alcohol, se emplean para molestias del reumatismo y otros dolores musculares. La planta entera se usa externamente para fracturas y como un antiséptico local. En inhalación las hojas de pirul (muchas veces mezcladas con hojas de eucalipto) se usan para aliviar resfriados, afecciones bronquiales, hipertensión, depresión y arritmia. Mezclada la corteza con las hojas, sirve para la hinchazón y dolor en enfermedades venéreas y genito-urinarias. Corteza (coccción): remedio en pies hinchados y purgante para animales domésticos. El pirul se emplea en las llamadas "limpias" o "barridos", para curar el *mal de aire, susto y espanto*. En Argentina se toma una infusión de hojas secas para aliviar varios desordenes menstruales (amenorrea, sangrados abundantes, menopausia, síndrome premenstrual), fiebres, problemas respiratorios (resfriados, asma, bronquitis) y urinarios (cistítis, uretrítis), tumores e inflamación en general. El aceite esencial de las hojas frescas posee actividad antibacterial, antiviral, antifúngica y antimicrobial.

Las siguientes bacterias y hongos exhiben una sensibilidad significativa al aceite.

Bacterias: *Klebsiella pneumoniae*, *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leuconostoc cremoris*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Clostridium sporogenes*, *Acinetobacter calcoacetica*, *Escherichia coli*, *Beneckea natriegens*, *Citrobacter freundii*, *Serratia marcescens*, *Bacillus subtilis* y *Brochothrix thermosphacata*.

Hongos: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus parasiticus*, *Fusarium culmorum* y *Alternaria alternata*. ([www.conabio.gob.mx/árboles/pdf/especies/3-anaca4m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdf/especies/3-anaca4m.pdf)).

### **HUIZACHE (*Acacia farnesiana*)**

#### **HABITAT**

Por lo general se desarrolla a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales). Se le encuentra donde predominan climas cálidos (Aw) y semicálidos A(C), en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30 °C. Prospera en una gran variedad de suelos desde muy arcillosos hasta muy arenosos. Suelos: rendzina, xegorendzina, vertisol, arenoso, húmedo, caliza, yeso, lutita y aluvión.

**Aspectos del cultivo.** Tolera bien la poda mecánica. Cuando las semillas son plantadas a 2 cm de profundidad en el suelo, se da una emergencia óptima de las plántulas. La talla óptima para su trasplante se obtiene a los 3 meses.

## **PROPAGACION**

### **Reproducción asexual.**

1. Estacas. Es el método más frecuente para su cultivo y empleo en cercas vivas.
2. Brotes o retoños. Buena habilidad para rebrotar o regenerarse.

### **Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).
2. Siembra directa.

## **EFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

### **Efecto(s) restaurador(es).**

1. Estabiliza bancos de arena. Recomendado para frenar el avance de las arenas movedizas.
2. Conservación de suelo / Control de la erosión.
3. Recuperación de terrenos degradados (suelos químicamente degradados).
4. Fijación de nitrógeno

### **Servicio(s).**

1. Ornamental. Por la belleza de sus flores amarillas y fragantes.
2. Barrera rompevientos.
3. Sombra / Refugio.
4. Cerca viva en los agrohábitats.

## **TOLERANCIAS**

### **Resistente a.**

1. Daño por termitas.

2. Fuego.
3. Herbicidas convencionales. Sin embargo, se puede aplicar en plántulas picloram (4-amino-3,5,6-tricloro-2- piridina, ácido carboxílico) para controlar la propagación malezoide del huizache.

#### **Tolerante a.**

1. Suelos salinos. Los huizaches tienen la habilidad para germinar y establecerse en suelos salinos, aunque la semilla tiene una tolerancia media a la salinidad.
2. Sequía. Extremadamente tolerante a la sequía.
3. Suelos pobres. Se adapta bien a éstos.

#### **DESVENTAJAS**

##### **Sensible / Susceptible a:**

1. Heladas. No resiste las heladas; su límite i de temperatura es — 5 °C, en invierno.
2. Suelos calcáreos.

**Desventaja.** Tendencia a adquirir propagación malezoide invasora. Se conoce como arbusto invasor de pastizales (potreros) en todas las partes secas de América tropical. La invasión y expansión del huizache llega a ser un problema económico y ecológico.

#### **USOS**

1. **Adhesivo [exudado (látex)].** La goma que mana del tronco se usa como sustituto de la goma arábica y se utiliza como mucílago. El jugo de las vainas inmaduras se utiliza para pegar porcelana rota.
2. **Aromatizante [flor].** El aceite esencial se obtiene de las flores por maceración en manteca de cacao o en aceite de coco. Tiene olor a

violetas y se usa para perfumar pomadas, polvos, roperos, ropa. Por su aceite se cultiva extensamente en Francia, India, etcétera. Su principal utilidad radica en el uso del aceite o esencia en la industria de la perfumería.

3. **Artesanal [madera].** Artículos torneados.
4. **Colorantes [flor, fruto].** Las flores y frutos contienen pigmentos que se usan para teñir telas de seda y papel tapiz. La vaina pulverizada y hervida produce un líquido negro que puede ser utilizado como tinta.
5. **Combustible [madera].** Leña y carbón. Tiene combustión lenta y alto contenido calórico.
6. **Condimento / Especias [hoja].** Las hojas se usan como condimento.
7. **Construcción [madera].** Construcción rural.
8. **Curtiente [corteza, fruto (vaina)].** Corteza y vainas ricas en tanino que se usa en curtidurías para curtir y teñir cueros y redes. Las vainas del fruto contienen 12 a 18 % de taninos.
9. **Forrajero [hoja, fruto (vaina), vástago, flor].** Las hojas, vainas, flores y vástagos se emplean como forraje para ganado vacuno y caprino, especialmente durante el invierno. El follaje y la corteza tienen un olor desagradable y se dice que pasa un mal sabor a la leche. Debido a su altura es necesario hacer cortes de rama (podas) para su máximo aprovechamiento.
10. **Implementos de trabajo [madera].** Implementos agrícolas, mangos para herramientas (hacha).
11. **Insecticida / Tóxica [raíz, semilla, hoja].** Las raíces tienen olor fuerte y se usan como antídoto de venenos. El polvo de las semillas se unta en los cascos de los caballos para liberarlos de parásitos. El extracto de hoja se usa para protección contra la roya del frijol.
12. **Maderable [madera].** Postes, cercas, muebles, fabricación de paraguas y marcos finos, aserrío. Uso potencial: parquet.
13. **Medicinal [flor, raíz, tallo, corteza].** El cocimiento de las flores se usa como remedio en casos de dispepsia. De las flores se hace un

ungüento que se usa como remedio para el dolor de cabeza. Con el fruto verde, que es muy astringente, se prepara una infusión para las inflamaciones de la piel y de las membranas mucosas (fuegos, hemorragias) y para calmar trastornos del sistema nervioso. Raíz (cocimiento): disentería, tuberculosis y dolor de abdomen. Tallo: estado bilioso, evacuaciones amarillas, ictericia, dolor de muelas. Las hojas secas y pulverizadas, se aplican como vendaje en las heridas. Planta: astringente en medicina casera, fiebre tifoidea, hemorragias, problemas menstruales, artritis y dolores reumáticos, tónico digestivo, diarrea, irritación de mucosas, conjuntivitis y malaria.

14. **Melífera [flor]**. Apicultura

15. **Ritual / Ceremonial [toda la planta]**. Ceremonial. Para ahuyentar malos espíritus (Tabasco).

16. **Uso doméstico [madera]**. Utensilios en general.

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdf/especies/38-legum4m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdf/especies/38-legum4m.pdf)

### **PINO PÑONERO (*Pinus cembroides*)**

#### **HABITAT**

Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas. En clima templado seco (Bsk) hasta templado subhúmedo (Cwb) con precipitaciones de 365 a 450 (800) mm anuales y con 7 u 8 meses secos. Temperaturas que oscilan entre 7 °C hasta 40 °C con promedios de 18 °C; alcanzando mínimas extremas de — 7 °C y máximas de 42 °C o a veces mayores. Es una especie típica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, grisáceos o negros, calcáreos con alto contenido de yeso, delgados en lomeríos y aluviones en los valles de muy buen drenaje y con Ph de 4 a 8, normalmente prefiere los suelos de neutros a alcalinos.

#### **PROPAGACION**

**Reproducción asexual.**



1. Cortes de tallo. Estacas.
2. Cultivo de tejidos. Se ha intentado el cultivo *in vitro* con fines de propagación.

**Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).
2. Regeneración natural.

**EFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

**Efecto(s) restaurador(es).**

1. Conservación del suelo / Control de la erosión. Evita la erosión y favorece la infiltración del agua, restableciendo los mantos subterráneos.

**Servicio(s).**

1. Ornamental. Es un árbol recomendable para decorar parques, jardines y campos deportivos, por sus bajos incrementos en altura.
2. Sombra /Refugio. Las semillas son alimento para la faunasilvestre. Más del 90 % son depredadas por pájaros.

**TOLERANCIAS**

**Demandante de.**

1. Luz

**Resistente a.**

1. Heladas.
2. Sequía. En Sudáfrica esta especie ha probado su extrema resistencia a la sequía. Llega a tolerar hasta 7 u 8 meses de sequía.
3. Temperaturas elevadas.

**Tolerante a.**

1. Suelos someros.

## DESVENTAJAS

### Sensible / Susceptible a.

1. Daño por insectos. *Ips* sp. descortezador secundario, *Dendroctonus* sp. ataca al tronco, *Pityophthorus* sp. barrenador, *Conotrachelus* sp. plaga principal del cono en estado maduro. También se ha reportado la presencia de agallas en las hojas por insectos no determinados, el daño se observa por el follaje amarillento, fuste torcido y secreción difusa de resina.
2. Contaminación ambiental. Acumula grandes cantidades de polvo en el follaje. Puede observarse también el bandeado amarillo de las hojas, acortamiento de las mismas y caída del follaje en general.

## USOS

1. **Adhesivos [exudado (resina)].** La resina es utilizada como materia prima en impermeabilizantes y como pegamento de ollas y canastas.
2. **Combustible [madera].** Leña. Especie muy resinosa, algo fragante cuando se quema.
3. **Comestible [semilla].** Esta especie es importante comercialmente por su semilla (piñón) de alto valor nutricional, alto porcentaje de grasas y proteínas. Abastece poco más del 90 % de los piñones conocidos en el mercado. *Pinus nelsoni* es un productor complementario.
4. **Construcción [madera].** Construcción rural, estructuras internas de las minas, huertas, postes.
5. **Maderable [madera].** Madera suave, ligera amarillenta, de textura uniforme, su peso específico varía de 0.56 a 0.65. Albura de color amarillo, duramen castaño pálido; textura fina, grano derecho y vetado suave y agradable, pero su fuste normalmente es nudoso y corto lo que le resta posibilidad de uso en muebles de alta calidad. En

el medio rural se hacen muebles rústicos que son bien apreciados.  
Postes, puertas, tejamanil, puntales para minas.

**[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies).**

### **FRESNO (*Fraxinus uhdei*)**

#### **HABITAT**

Crece en laderas de cerro, barrancas y cañadas, esporádicamente a orillas de corrientes de agua; le favorecen los climas templados. Se desarrolla en suelos arcillosos, arenosos, lava basáltica, ácidos o calcáreos, pero que sean profundos, fértiles, frescos y húmedos.

#### **EXPERIENCIAS CON LA PLANTA**

**Reforestación / Restauración.** Utilizada en forma amplia para reforestación en los alrededores de la ciudad.

#### **CULTIVO**

**Aspectos del cultivo.** En plantaciones de alineación guardar una distancia de 10 m entre los árboles y en aceras no menores de 8 m de ancho y una superficie mínima por árbol de 6 m<sup>2</sup>, de lo contrario levanta banquetas, muros, ductos, drenaje. En los primeros años podar las ramas laterales bajas para promover una copa alta, densa y redondeada. Necesidad moderada de riego. No requiere fertilización. Trasplante con raíz desnuda en invierno, o con cepellón entre primavera y verano. Las semillas se cubren con 6 a 8 mm de suelo. Se recomienda sombrear las camas después de la germinación. Resiste poda sanitaria.

#### **PROPAGACION**

**Reproducción asexual.**

1. Estacas. La especie tiene alto potencial para propagarse por estacas.

**Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).

**EFFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE****Efecto(s) restaurador(es).**

1. Recuperación de terrenos degradados. Esta planta se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera.

**Servicio(s).**

1. Ornamental. Planta de ornato en avenidas, parques y jardines por la belleza de su follaje.
2. Sombra / Refugio. Se cultiva extensamente como árbol de sombra en el medio rural y en las calles y jardines de muchas ciudades. Muchos pájaros comen sus frutos.

**TOLERANCIAS****Demandante de.**

1. Suelos con buen drenaje.

**Resistente a.** Heladas, a excepción de los primeros años de vida.

**Tolerante a.** Sequía.

**DESVENTAJAS****Sensible / Susceptible a.**

1. Heladas en los primeros años de vida.
2. Contaminación ambiental. Se le reconoce como sensible al ozono.

3. Daño por insectos (hojas, tronco, ramas). El descortezador *Hylesinus aztecus* (Coleóptera) ataca el fuste y las ramas gruesas; termitas del género *Kaloterms* sp. atacan el duramen; la chinche del fresno *Tropidosteptes chapingoensis*, causa clorosis del follaje, caída prematura del mismo, enanismo foliar, deformación de brotes; la escama *Puto mexicanus* (Homóptera), llega a matar las ramas. Cabe mencionar que la presencia de insectos chupadores está correlacionada con la cantidad de agua disponible, la compactación del suelo y la contaminación.

## USOS

1. **Artisanal [madera].** Artesanías, juguetes e instrumentos musicales.
2. **Implementos de trabajo [madera].** Implementos agrícolas, mangos para herramientas.
3. **Maderable [madera].** La madera es de excelente calidad. Muebles finos, artículos deportivos y torneados, decoración de interiores. Aprobada para su posible utilización en zapatas para el sistema de frenos del Metro.
4. **Medicinal [corteza, hoja].** La corteza y hojas poseen un alcaloide (Fraxina) con propiedades febrífugas. Se ha reportado que esta especie se ha utilizado para combatir la malaria y el paludismo.
5. **Melífera [flor].** Apicultura.

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/53-oleac1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/53-oleac1m.pdf).

### ENCINO (*Quercus rugosa*)

#### HABITAT

Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. En el pedregal ocupa áreas que forman ligeras depresiones o porciones más o menos horizontales. Se desarrolla en climas templados fríos semifríos. Temperatura media anual de 12 a 13 °C y una precipitación de 1,540 a 1,619 mm anuales, en el Pedregal. Se le encuentra en suelos someros o profundos, en pocas

ocasiones rocosos y pedregosos. Suelos: rojizo-arenoso, blanco calizo, somero pardo y profundo, roca basáltica, migajón arenoso, rocas volcánicas, delgados, ácidos, secos o húmedos.

## **PROPAGACION**

### **Reproducción asexual.**

1. Brotes o retoños (tocón). En estado silvestre los árboles maduros tienen la capacidad de formar repetidamente rebrotes a partir de tocones.

### **Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).
2. Siembra directa.
3. Regeneración natural.

## **EFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

### **Efecto(s) restaurador(es).**

1. Acolchado / Cobertura de hojarasca. Los encinos son importantes formadores de suelo. Mejoran la productividad del sistema al aportar nutrientes al suelo mineral por la descomposición de la hojarasca.
2. Conservación del suelo / Control de la erosión. Especie estabilizadora del suelo, evita la erosión y genera piso forestal.
3. La presencia de los encinares es necesaria para preservar el equilibrio ecológico de cuencas.
4. Contribuye a la infiltración y la conservación de los acuíferos.

### **Servicio(s).**

1. Ornamental. Se utiliza para delimitar linderos y en calles y avenidas.
2. Sombra / Refugio.

## TOLERANCIAS

### Demandante de.

1. Sombra parcial (plántulas hasta un año de edad).
2. Luz (edad mayor a 2 años).

### Resistente a.

1. Sequía (adulto).

### Tolerante a.

1. Suelos ácidos.
2. Suelos someros.
3. Suelos secos.
4. Suelos húmedos.
5. Suelos pedregosos.
6. Heladas.
7. Semisombra.
8. Contaminación ambiental. Tolera los fluoruros.

## DESVENTAJAS

### Sensible / Susceptible a.

1. Daño por insectos. (rama, hoja, bellota). Coléopteros (*Curculionidae: Coleóptera*), tanto en su fase larval como adulta. La mariposa *Anisota* sp. en estado larvario come las hojas, la mosca blanca *Hesperaleyrodes* sp. chupa los jugos de la planta, la escama *Protodiapsis* sp. extrae los jugos de las ramas.
2. Daño por hongos. El tizon foliar ocasionado por *Botryosphaeria* sp.; cáncer del tronco ocasionado por *Ceratostomella* sp.; chahuixtle o roya ocasionada por *Cronatium* sp.
3. Daño por ácaros: *Andricus* sp. ocasiona las agallas de las hojas, *Oligonichus* sp. (araña roja) extrae la savia de las hojas.

## USOS

1. **Combustible [madera].** Leña y carbón.
2. **Comestible (bebidas) [fruto (bellota)].** Elaboración de café con la bellota, se dice que la infusión ayuda a atenuar la embriaguez.
3. **Curtiente [corteza, hojas].** La corteza y las agallas que se forman en las hojas tienen gran cantidad de taninos.
4. **Forrajero [hoja, fruto (bellota)].** La consume el ganado bovino, porcino y caprino.
5. **Implementos de trabajo [madera].** Mangos de herramientas.
6. **Industrializable [madera].** Elaboración de pulpa para papel.
7. **Maderable [madera].** La madera es de buena calidad. Se usa para fabricar pilotes, durmientes, postes para cerca.
8. **Medicinal [corteza].** La corteza tiene propiedades astringentes y es auxiliar para detener pequeñas hemorragias y reducir inflamaciones de la piel, producidas por ortigas y picaduras de insectos, ayuda a apretar los dientes y tratar úlceras.

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies)

### **EUCALIPTO (*Eucalyptus Camaldulensis*)**

**Descripción:** Árbol siempre verde que puede alcanzar 50-60 m de altura, con copa amplia y el tronco muy grueso, con la corteza lisa, de color blanco con tonos marrones o rojizos y que se desprende en placas con los años. Hojas alternas, colgantes, pecioladas, de color verde-grisáceo, algo coriáceas. Las juveniles de ovadas a anchamente lanceoladas, y las adultas linear-lanceoladas con la punta algo torcida. Inflorescencias en umbelas de 7-11. Flores en forma de copa con numerosos estambres de color blanquecino-amarillento. Fruto en cápsula con opérculo puntiagudo.

Se multiplica por semillas. Bastante resistente a la sequía y al frío y con rápido crecimiento. Soporta la presencia de cal en el suelo hasta cierto punto, pues su exceso le produce clorosis.



Especie maderera. Por su gran crecimiento y su agresividad, no es árbol recomendado para jardines y, mucho menos cerca de edificaciones. Necesita grandes espacios para poder desarrollarse con libertad.

### **Transplante**

En primavera cada 2 a 3 años.

### **Riego**

Moderado en el periodo de crecimiento activo y escaso durante el resto del año.

### **Propagación**

Semillas, plantas de vivero y plantas recuperadas.

## **APLICACIONES ó USOS DE LA MADERA DE EUCALIPTO**

Su capacidad de resistir encharcamientos temporales le permiten ser utilizado en la depuración de aguas residuales domésticas o en la finalización de la depresión de otras aguas. En estos filtros verdes puede combinarse una elevada producción de madera con una intensa depuración, a causa de la elevada actividad microbiológica de los suelos regados con ésta agua fecal.

Es especialmente relevante la utilización de Eucalipto en la fabricación de pasta papelera de fibra corta.

Con madera semipesada de color rosa amarillento pálido y pardo rojizo grisáceo, textura homogénea, grano medio y fibra repelosa, poros poco numerosos, difusamente repartidos y visibles a simple vista, anillos anuales anchos, difíciles de identificar. Es madera semidura.

Es muy adecuada para la fabricación de celulosa por su alto rendimiento y calidad (la mejor de Europa), siendo es éste sentido muy superior a las maderas del abedul y de otras frondosas usadas en la industria de la celulosa europea.

Las industrias del norte de Europa suelen oponerse, a través de diversas y sutiles formas de competencia, al desarrollo de las celulosas con base en el eucalipto y a éste cultivo en especial, al resultar demasiado concurrente con sus productos y bosques, por la alta calidad de su pasta y su elevada producción. Buena parte de la "mala prensa" del eucalipto procede de allí.

Se utiliza industrialmente, para la fabricación de celulosa para pasta de papel de fibra corta. Color blanco (de aquí el nombre vulgar en el mercado español de "Eucalipto blanco") lo que facilita su blanqueo.

Sus apeas de mina son elásticas. Da buenas estacas, pilotes y postes. Resiste enterrada 3-10 años y a la intemperie de 8-25 años. Muy buena leña, superior incluso por su elevada densidad, a la encina.

Se utiliza en la construcción de pequeñas embarcaciones, traviesas de ferrocarril, apeas de mina etc.

Aplicación en la construcción (parquet, tarimas, mangos, etc.), y en ebanistería. [www.galeon.com/tigre/textos/flora/eucalipto](http://www.galeon.com/tigre/textos/flora/eucalipto)

## **EL CULTIVO DEL OLIVO (*olea europea*)**

### **Hábitat**

Especie muy rústica, de fácil cultivo, por lo que se ha instalado en terrenos marginales. No tolera temperaturas menores de  $-10^{\circ}\text{C}$ . No presenta problemas de heladas, con excepción de las variedades muy tempranas, en las que el fruto se ve muy dañado. Escasos requerimientos de horas frío y elevados de calor (entre la brotación y la floración transcurren 3-4 meses y de la floración hasta la recolección, 6-7 meses). Los agentes meteorológicos m'as graves son los vientos secos y las temperaturas elevadas durante la floración, de forma que se produce el aborto ovárico generalizado, resintiéndose seriamente la producción. Es muy resistente a la sequía, aunque el óptimo de precipitaciones se sitúa entorno a los 650 mm bien

repartidos. En casos de extrema sequía se induce la producción de flores masculinas.

Es resistente a los suelos calizos, aunque existen diferencias de carácter varietal (Hojiblanca se comporta muy bien). Es muy tolerante a la salinidad.

Es una planta ávida de luz, de forma que una deficiencia de ésta reduce la formación de flores o induce que éstas no sean viables, debido a la insuficiencia de asimilados en la axila de las hojas.

### **PROPAGACIÓN.-**

Tradicionalmente, la propagación se realizaba mediante grandes estacas (0.5-1.2 m) directamente implantadas en el terreno. La capacidad de enraizamiento y brotación de dichas estacas está relacionada con la edad, seleccionando las estacas viejas de mayor vigor. Este sistema presenta una serie de inconvenientes: el gran tamaño de las estacas con la consiguiente dificultad para transportarlas, su escasez y los problemas de mezcla de material.

A partir de los años 50, aparece el estaquillado semileñoso, que soluciona los problemas anteriores: se utilizan estaquillas de un año fáciles de manejar y en mejor estado sanitario, que pueden ser recolectadas a lo largo de todo el año. Las estaquillas de 12-15 cm. de longitud y con dos pares de hojas, se sumergen en IBA (ácido indolbutílico) a 3000 ppm., con objeto de favorecer la capacidad de enraizamiento. Posteriormente se colocan en cámaras de nebulización sobre medio inerte (perlita), con calor de fondo (25°C) y alineadas. Entorno a los 45 días (según variedad y condiciones de temperatura), aparecen los primordios radicales, momento a partir del cual se pueden trasladar a macetas en umbráculo que permita adoptar la planta a una atmósfera más agresiva. Este sistema permite la entrada en producción un año antes y facilita la formación del árbol.

## **RIEGO.-**

El 95% del olivar se cultiva en seco, pero los rendimientos aumentan con el riego, ya que por debajo de los 800 mm de precipitación la irrigación se hace necesaria, siendo el sistema más adecuado el riego localizado por goteo a razón de 1800-1900 litros por árbol y año, repartidos durante los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre a razón de 100 litros diarios/árbol.

Otra alternativa quizás más eficaz es concentrar los riegos en los meses más calurosos así quedarían 70 litros diarios/árbol en Abril, 90 litros diarios/árbol en Mayo, 110 litros diarios/árbol en Junio, 130 litros diarios/árbol en Julio, 110 litros diarios/árbol en Agosto, 90 litros diarios/árbol en Septiembre.

**[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)**

### **Mezquite (*Prosopis juliflora*)**

El Mezquite forma parte del paisaje natural del norte de México, está ligado a nuestra cultura regional y ha demostrado que funciona muy bien dentro del contexto urbano, por lo cual se describe y se enmarca la potencialidad de ser usada como una especie arbórea ornamental, que aporta servicios ecológicos al mejoramiento de la calidad de vida urbana y es una especie de gran longevidad.

## **HABITAT**

Se desarrolla en zonas de precipitación muy escasa desde 150 a 250 mm/año y en ciertos lugares con 500 a 1,000 mm/año, temperatura alta, humedad atmosférica escasa, insolación intensa. Se presenta en climas cálidos (Aw) y semicálidos (A(C)w). Crece en gran variedad de suelos, incluso en suelos muy pobres como dunas secas y guijosas. Suelos: arenos-arcilloso, salino, erosionado, rocoso, arenoso, suelos de aluvión, litologías de

yesos, calizas y lutitas. Crece sin dificultad en suelos con un pH de 6.5 a 8.3 y es capaz de crecer en suelos sódicos con un pH de hasta 10.4.

- Requerimientos lumínicos: Abundante sol.
- Tipo de suelo: Variados, ninguno selectivo.
- Tipo de drenaje: Moderado a Rápido.
- Riegos: Moderados en la etapa de plantación y establecimiento, la planta ya en desarrollo los requerimientos hídricos son bajos.

**Aspectos del cultivo.** La máxima emergencia de plántulas ocurre si las semillas son sembradas a 2.5 cm de profundidad en un sustrato de arena gruesa. El tiempo en que alcanza la talla óptima para su trasplante es de 4 meses. Tolera bien el corte o poda.

## **PROPAGACION**

### **Reproducción asexual.**

1. Rizoma.
2. Acodo aéreo. Las raíces aparecen en unas 6 u 8 semanas.
3. Brotes o retoños (tocón). Rebrotan rápidamente después del corte. Rebrotos de raíz.
4. Estacas ó esquejes. Se recomienda utilizar material joven y enraizarlo en primavera. Las estacas de 5 cm (con 2 nudos), sumergidas en un enraizador (Seradix 2) y colocadas en un propagador sencillo, a las 5 semanas tienen un 96 % de enraizamiento. El material joven enraiza con mayor facilidad. Cortes de tallo, esta técnica produce mayor cantidad de propágulos asexuales que ninguna otra; se requieren solamente 8 horas de labor para producir 2,000 cortes. Cortes de raíz.
5. Injerto, existe compatibilidad entre las especies de Norte América (P. glandulosa y P. articulata), Sud América (P. alba y P. chilensis), y las tropicales (P. juliflora).

6. Cultivo de tejidos.

### **Reproducción sexual.**

1. Semilla (plántulas).
2. Siembra directa.
3. Regeneración natural.

## **EFFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

### **Efecto(s) restaurador(es).**

1. Mejora la fertilidad del suelo / barbecho.
2. Acolchado / Cobertura de hojarasca.
3. Fijación de nitrógeno.
4. Fijación de dunas. En la India se introdujo hace más de 100 años para prevención de la erosión.
5. Recuperación de terrenos degradados (suelos químicamente degradados). Esta planta se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera.
6. Estabiliza bancos de arena. Se recomienda para plantación en arenas movedizas.

### **Servicio(s).**

1. Cerca viva en los agrohábitats.
2. Sombra / Refugio. Proporcionan alimento a la fauna silvestre y sombra a los animales domésticos. En el ecosistema desértico, muchos organismos la prefieren como fuente de comida y de hábitat. Provee de microambiente bajo su cubierta. Su influencia sobre la diversidad y abundancia de mamíferos y aves es importante.
3. Barrera rompevientos.

## **TOLERANCIAS**

### **Demandante de.**

1. Luz.
2. Firme al viento. Soporta vientos fuertes y considerables.
3. Moderadamente resistente a. Heladas. Muere a temperaturas de -4 °C.

**Resistente a.**

1. Daño por termitas.
2. Fuego.
3. Temperaturas elevadas.
4. Pudrición (madera). Es durable en contacto con la tierra.
5. Sequía. Alta resistencia fisiológica a la sequía (mayor a 3 meses).

**Tolerante a.**

1. Suelos pobres.
2. Exposición constante al viento.
3. Suelos salinos. Llega a sobrevivir en concentraciones de hasta 3.2 % de NaCl. Que es la misma salinidad que posee el agua de mar.
4. Suelos someros.
5. Suelos alcalinos.
6. Inundación temporal.
7. Suelos compactados y pedregosos.
8. Rocío salino.
9. Heladas. Tolera algunas heladas invernales. Algunas variedades no son resistentes a las heladas
10. Altas temperaturas (de hasta 40 °C).
11. Tolerante al estrés hídrico, adaptada para adquirir agua y retenerla.

**DESVENTAJAS****Intolerante a.**

1. Fuego (plántula).
2. Arcillas muy pesadas.

### **Sensible / Susceptible a.**

1. Suelos ácidos.
2. Ramoneo.
3. Daño por viento. La flor no tolera el granizo, la lluvia y los vientos fuertes.
4. Daño por roedores.
5. Daño por termitas.
6. Daño por insectos (tallo, madera, raíz, semilla, fruto). *Tetranychus pacificus*, daña las hojas y puede defoliar la planta completamente; *Alphalaroida sp* invade el cogollo, *Algarobius prosopis* gusano minador de vainas que destruye las semillas.

### **Desventaja.**

Tendencia a adquirir propagación malezoide invasora. En muchos lugares esta planta se considera como maleza indeseable y se le combate.

### **USOS**

1. **Adhesivo [exudado (látex)].** La goma que exuda el tronco (color ambarino, translúcida) es similar a la goma arábica y se emplea como pegamento.
2. **Combustible [madera].** Leña y carbón de excelente calidad. Debido a su alto valor calorífico la madera se ha llamado "antracita vegetal". Arde lentamente y mantiene bien el calor. Gran interés como biomasa combustible.
3. **Comestible (dulces) [exudado (látex), fruto, semilla, verdura].** La goma se usa como adulterante para fabricar dulces, pastas alimenticias, mucílagos y betunes. Se obtiene en forma de lágrimas parduscas de tamaño variable. La composición química de la goma es ácido metoxiglucurónico, galactosa y arabinosa. Frutos y semillas ricas en proteínas (60 %) y de sabor agradable, muy dulces (13 a 36 % de



sacarosa, 45 a 55 % de carbohidratos). Los chichimecas usaban la harina para preparar tamales (mezquitamales) o mezclada con agua como bebida nutritiva (mezquitatole). Se sabe que algunos indígenas de Norte América las consumían como alimento.

4. **Construcción [madera].** Construcción rural (horcones) y naval (curvos para barcos pequeños).
5. **Curtiente [corteza].** La corteza y el corazón del tronco contienen de 6 a 7 % de tanino. Se aprovecha para curtir pieles.
6. **Estimulante [fruto, semilla].** Se elabora una bebida embriagante. Por fermentación de la harina y agua se obtiene una especie de cerveza.
7. **Forrajero [fruto (vaina), semilla, hoja, vástago].** Se usa como forraje para ganado bovino, ovino, caprino. Sus vainas dulces y semillas molidas tienen hasta un 33 % de proteína. De la harina obtienen un forraje de importancia en tiempo de sequía prolongada. Del cocimiento de las semillas se obtiene melaza. Contiene factores antitripticos. El alto contenido de sacarosa en las semillas puede crear problemas a las bacterias del rumen. Algunos biotipos poseen espinas fuertes lo que dificulta ser ramoneado.
8. **Implementos de trabajo [madera].** Implementos agrícolas (arados, carretas), mangos para herramientas.
9. **Industriaizable [madera, exudado (resina)].** Pulpa para papel. En la industria farmacéutica la goma se usa para dar viscosidad a las mezclas que contienen polvos insolubles y pesados. La madera como fuente de pulpa para papel. La goma tiene propiedades muy semejantes a las de la goma arábica (goma de Senegal o goma de Kordofán) se usa para aprestar tejidos en la industria textil.
10. **Maderable [madera].** Durmientes, construcción de vehículos, postes, cercas, durmientes, confección de adoquines para pavimento, decoración y acabados de interiores, parquet, pisos, artículos torneados, muebles finos, hormas de calzado, carpintería y ebanistería en general. La madera es fácil de trabajar, es muy durable

11. **Medicinal [exudado (látex) hoja, corteza, raíz, flor].** La resina en cocimiento se usa para curar la disentería y para algunas afecciones de los ojos. La infusión del cocimiento de las hojas se usa como remedio para las inflamaciones de los ojos. La corteza como astringente. Las flores en cocción y la corteza de la raíz, como vomitivo y purgante, para curar heridas, antihelmíntico, dolor de estómago.

12. **Melífera [flor].** Apicultura. Néctar valioso para la producción de miel de alta calidad. Las flores de la variedad glandulosa producen una miel excelente. El árbol produce suficiente néctar para obtener un kilo de miel.

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/46-legum44m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/46-legum44m.pdf)

### **GRANJENO (*Celtis pallida* Torr. )**

**HÁBITAT:** Planta de matorrales xerófilos, particularmente del crasicale, de los mezquiales y ocasionalmente del bosque tropical caducifolio; se le ha registrado en orillas de terrenos de cultivo, orillas de carretera, bosque de galería. Matorral armado con *Jatropha sp.*, *Fouquieria sp.*, *Acacia sp.*, *Opuntia sp.*, suelo pedregoso amarillo; matorral arbustivo – pastizal con *Acacia* y mezquite, en área abierta; matorral xerófilo, primario; en suelo rocoso; matorral espinoso con *Brahea*, *Cnidoscolus*, en suelo rojo arcilloso; matorral subtropical. Pastizal de *Distichlis*, con elementos de Bosque espinoso; matorral subtropical, ladera de cerro. Rango altitudinal: 1,000 – 2,300 m.

**MANEJO:** Se aprovecha el recurso directamente de las poblaciones naturales de la especie.

### **USOS:**

1. **Combustible:** La madera se utiliza como combustible.
2. **Construcción:** Se le utiliza como postes en las cercas.

3. **Forrajera:** Es una especie importante en el pastoreo cerril.

**APROVECHAMIENTO:** Debido a su uso como comestible y forrajera debería ser regulada por la **NOM-007-RECNAT-1997**, por su uso como colorante e industrial por la **NOM-005-RECNAT- 1997** y por ser usada para combustible por la **NOM-012-RECNAT-1996**.

**COMERCIALIZACIÓN:** No se comercializa, los usos son locales.

**[www.nativeplantproject.tripod.com/granjeno.htm](http://www.nativeplantproject.tripod.com/granjeno.htm)**

### **Ciprés Arizona (*Cupresus Arizona*)**

#### **HABITAT:**

Especie arbórea que crece en bosques de pino, asociada a otras especies. Su rango altitudinal es entre 1600 – 2800 msnm. En bosques de pino-encino es frecuente en altitudes alrededor de los 2500 msnm. Es una especie poco tolerante a la sombra y se encuentra en cualquier tipo de suelo, aunque prefiere suelos de medianos a profundos. Crece en lugares con precipitaciones entre 500 – 1080 mm por año y con temperatura media anual que varía entre 9 - 17°C con mínimas extremas de -23°C y máxima extrema de 40°C. Prefiere suelos delgados o profundos, con textura migajón arenosa y pH ligeramente ácido, de color pardo oscuro.

**Datos de cultivo:** Se multiplica por semillas, aunque las variedades se injertan. Especie muy rústica que vegeta bien hasta en suelos calcáreos. Tiene crecimiento rápido. Posee una madera amarillenta, de grano fino, empleada como combustible y en carpintería. Dos de los cultivares más utilizados con fines ornamentales son '**Conica**' y '**Glauca**'.

**MANEJO:** El manejo de esta especie se ha orientado a manejo maderable. Existen varios autores que han estudiado el rendimiento y crecimiento de este pino por su frecuencia en la zona norte del país. Se estima un crecimiento entre 2 – 6 m<sup>3</sup> /ha / año y turnos comerciales que varían entre 60 – 80 años. Para plantaciones, la semilla se colecta entre finales de octubre y

principios de diciembre y se puede almacenar entre 0 – 5 °C. El desarrollo en rodales naturales está frecuentemente interrumpido por insectos de los órdenes Hymenoptera y Lepidoptera, mismos que destruyen parcial o totalmente el follaje o las yemas terminales.

#### **USOS:**

1. **Combustible:** El tallo y las ramas son muy usados para la obtención de leña combustible.
2. **Construcción:** Los tallos de ramas son muy usados en la construcción de cercos, trojes y macheros

#### **APROVECHAMIENTO:**

El aprovechamiento no maderable se realiza sólo para la obtención de leña, dado que la actividad resinera no es muy común en su región de distribución. Este tipo de aprovechamiento esta regulado por la NOM-012-RECNAT-1996, en la cual se establecen algunas medidas prácticas para el aprovechamiento de leña de cualquier especie.

**([www.floraguide.es/árboles/cupresusarizonica.htm](http://www.floraguide.es/árboles/cupresusarizonica.htm)).**

#### **ACACIA (*Albizia lebeck*).**

##### **HABITAT**

Puede crecer a la orilla de los ríos y del mar. Muchos de sus hábitat nativos están caracterizados por climas extremosos, calientes, secos, fríos; con temperaturas que van desde 5 hasta 46 °C y con precipitaciones de 500 a 2,500 mm anuales. Puede desarrollarse en lugares en donde hay largas sequías intermedias. Crece en gran variedad de suelos aunque prefiere condiciones húmedas y crece mejor en suelos francos y bien drenados. Suelos: arcilloso, profundo arenoso, laterítico y degradado.

##### **PROPAGACION**

**Reproducción asexual.**

1. Estacas. Las estacas enraízan fácilmente y llegan a establecerse a las 2 semanas presentando un alto porcentaje de sobrevivencia. Cortes de raíz. Cortes de tallo.
2. Brotes o retoños (tocón). Rebrotos de raíz. Buena habilidad para rebrotar. Cuando las raíces se dañan los vástagos brotan en forma vigorosa.
3. Cultivo de tejidos.

### **Reproducción sexual.**

1. Regeneración natural.
2. Semilla (plántulas). Se propaga fácilmente por semilla.
3. Siembra directa.

### **EFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE**

#### **Efecto(s) restaurador(es).**

1. Acolchado / Cobertura de hojarasca.
2. Conservación de suelo / Control de la erosión. El árbol sostiene bien al suelo y se planta en terraplenes.
3. Estabiliza bancos de arena.
4. Fijación de dunas.
5. Fijación de nitrógeno.
6. Mejora la fertilidad del suelo / barbecho. Se mezcla con cedro.
7. Recuperación de terrenos degradados (suelos químicamente degradados). Esta planta se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera.

#### **Servicio(s).**

1. Barrera rompevientos. Se le ha plantado como cinturones de protección en líneas junto con *Azadirachta indica* y *Eucaliptus camaldulensis*; además de *Acacia tortilis*, *Cassia siamea* y *Prosopis juliflora*.

2. Ornamental. Por la belleza de sus flores color crema, se ha plantado a lo largo de caminos y carreteras y alrededor de las viviendas.
3. Sombra / Refugio. Se le encuentra a orillas de caminos, en potreros, parques y jardines, así como en plantaciones de café, té, cacao y plantaciones jóvenes maderables. En la India las plántulas son comidas por los ciervos.

## **TOLERANCIAS**

### **Demandante de.**

1. Luz.

**Moderadamente resistente a.** Heladas (plántulas). Después del primer año tolera heladas ligeras.

### **Resistente a.**

1. Sequía. Alta resistencia fisiológica a la sequía mayor a 3 meses.
2. Fuego. Los fuegos matan fácilmente la parte aérea de las plantas jóvenes, sin embargo tiene una gran cantidad de yemas latentes por debajo del nivel del suelo y hay usualmente una vigorosa regeneración de nuevos tallos.
3. Daño por termitas.

### **Tolerante a.**

1. Exposición constante al viento (vientos no muy fuertes).
2. Inundación temporal.
3. Rocío salino.
4. Sombra.
5. Suelos someros.
6. Suelos compactados.
7. Suelos alcalinos.

8. Suelos salinos.
9. Suelos arcillosos.
10. Suelos pobres.
11. Suelos salitrosos. Prospera y se adapta en sitios próximos al mar tolerando el salitre (0.115 de sal y pH 8).
12. Suelos ácidos. Las especies del género *Albizia* soportan pH por abajo de 4.5.
13. Tolerante a la salinidad, el rango de tolerancia va desde 2.5 a 11 dS/m.

## **DESVENTAJAS**

### **Intolerante a.**

1. Fuego (plántula).

### **Sensible / Susceptible a.**

1. Competencia por malezas durante los primeros dos años de vida.
2. Ramoneo, el ganado y la fauna silvestre apetecen su follaje por lo que deben mantenerse alejados. El ramoneo puede destruir o dañar seriamente las plantas.
3. Suelos ácidos.
4. Daño por el viento. No es resistente a los vientos fuertes debido a que sus raíces son muy superficiales.
5. Daño por insectos (madera, semilla, fruto). Las semillas son propensas al ataque de insectos si después de maduras permanecen algún tiempo en los árboles. Hemíptera: *Drosicha stebbingi*, *Eurybachy tomentosa*. Lepidoptero: *Eriboea athama*. El escarabajo *Xylopsocus gibbicollis*, que se encuentra en el tejido cortical, ataca la madera con alto contenido de almidón. Las larvas de *Polydesma*

*umbricola* atacan los tallos jóvenes durante la noche y en el día se esconden debajo de la corteza.

6. Daño por termitas.
7. Daño por epífitas / parásitos.
8. Daño por roedores.
9. Daño por hongos (semilla, fruto, hoja). El hongo *Shaopsis* sp. puede ser saprófito o convertirse en patógeno en árboles estresados atacando la corteza. El “Camping off” causado por *Fusarium* sp. ocasiona grandes pérdidas.
10. Daño por virus. Es atacado por el virus del mosaico.

**Desventaja.** Tendencia a adquirir propagación malezoide invasora. Se le considera de crecimiento malezoide en Florida (Estados Unidos) cuando se le ha utilizado como ornamental, por lo que se han cuestionado sus ventajas en este rubro.

## USOS

1. **Adhesivo [ [exudado (resina)] ]**. La goma que mana del tronco tiene propiedades semejantes a la goma arábica. Las poblaciones que se distribuyen en América exudan una goma clara, que contrasta con la goma roja-café que se reporta para las poblaciones Africanas.
2. **Artesanal [ [madera] ]**. Instrumentos musicales.
3. **Colorantes [ [corteza] ]**. Se utiliza para teñir redes de pescar.
4. **Combustible [ [madera] ]**. Leña y carbón. La madera es densa (peso específico 0.55-0.6) y produce buena leña. El valor calorífico de su duramen seco es 5200 kcal/kg.
5. **Comestible (aceite) [ [aceite, exudado] ]**. Posee aceites, grasas y exudados comestibles.
6. **Construcción [ [madera] ]**. Construcción rural (duela para techo de viviendas) y en general.



7. **Curtiente** [ **[corteza]** ]. Se utiliza para curtir pieles (taninos).
8. **Fibras**. Textiles.
9. **Forrajero** [ **[hoja, vástago, fruto, vaina, semilla]** ]. Las hojas, tallos y vainas tiernas son muy apreciadas como forraje para camellos (producción 5m 3/ha/año). La semilla contiene 33.6 % de proteína cruda, 3.13 % de grasa, 13.7 % de fibra, 35.3 % de carbohidratos, con un 78.25 % de digestibilidad.
10. **Implementos de trabajo** [ **[madera]** ]. Implementos agrícolas, mangos para herramientas.
11. **Industrializable** [ **[madera, toda la planta]** ]. Celulosa, ceras, aceites esenciales, aceites no comestibles. Es una fuente potencial de alcohol (1,700 l/ha).
12. **Maderable** [ **[madera]** ]. La madera es fuerte, medianamente durable y elástica, seca bien y es fácil de trabajar y pulir. Su nombre comercial es “east Indian walnut”. Se utiliza en la fabricación de muebles y gabinetes, artículos torneados, chapa, parquet, artesonados, carretería, postes, cerillos, artículos deportivos, artículos para el hogar, construcción de botes, ebanistería.
13. **Medicinal** [ **[corteza, hoja, flor, semilla]** ]. Semilla: para las hemorroides, astringente. Semilla (aceite): lepra blanca. Flor: erupción e hinchazones, antídoto de venenos y espermatorrea. Hoja: útiles en oftalmía. Corteza: úlcera, mordedura de serpiente. Alcaloides de diferente naturaleza química se extraen de diferentes partes de la planta, en las semillas es más alta la concentración. Uno de los tres alcaloides que se pueden extraer muestra una máxima actividad citotóxica hacia *Neurospora Crassa* (línea celular P-388)
14. **Melífera** [ **[flor]** ]. Apicultura. Néctar valioso para la producción de miel de alta calidad (miel clara).
15. **Ritual / Ceremonial** [ **[toda la planta]** ]. Ceremonial.
16. **Saponífera** [ **[corteza]** ]. La corteza tiene saponinas para hacer jabón.
17. **Tutor** [ **[tronco]** ]. Estacas vivas para soporte de enredadera de Chile.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### CARACTERIZACION DEL SITIO DE ESTUDIO

##### Localización

El área de estudio se localiza en Loma Alta al norte del municipio de Arteaga, a 1600 msnm,  $100^{\circ} 53'$  latitud norte y  $25^{\circ} 29'$  longitud oeste según la carta topográfica de INEGI. G14C34.



Figura 3.1. Localización del área de estudio

##### Clima

El clima en el municipio es de tipo semiseco - semicálido, con ligeras variaciones según la altitud; el noreste y sureste se encuentra dentro del subgrupo de climas semifríos; la fórmula climática para esta región es  $Cb(x')(wo)(e)g$  (García, 1973); régimen de lluvia en verano, aunque algunas veces se presentan todo el año, pero la mayor precipitación ocurre en los meses que van de junio a septiembre y los meses más secos son febrero y marzo; la precipitación promedio anual de 498 mm (García, 1973).

La temperatura media anual es de  $13.3^{\circ} C$ ; los vientos prevaecientes tienen dirección noreste con velocidad de 15 a 20 km/hr anuales; la

frecuencia anual de heladas en el municipio es de 40 a 60 días y el de granizadas de 2 a 3 días.

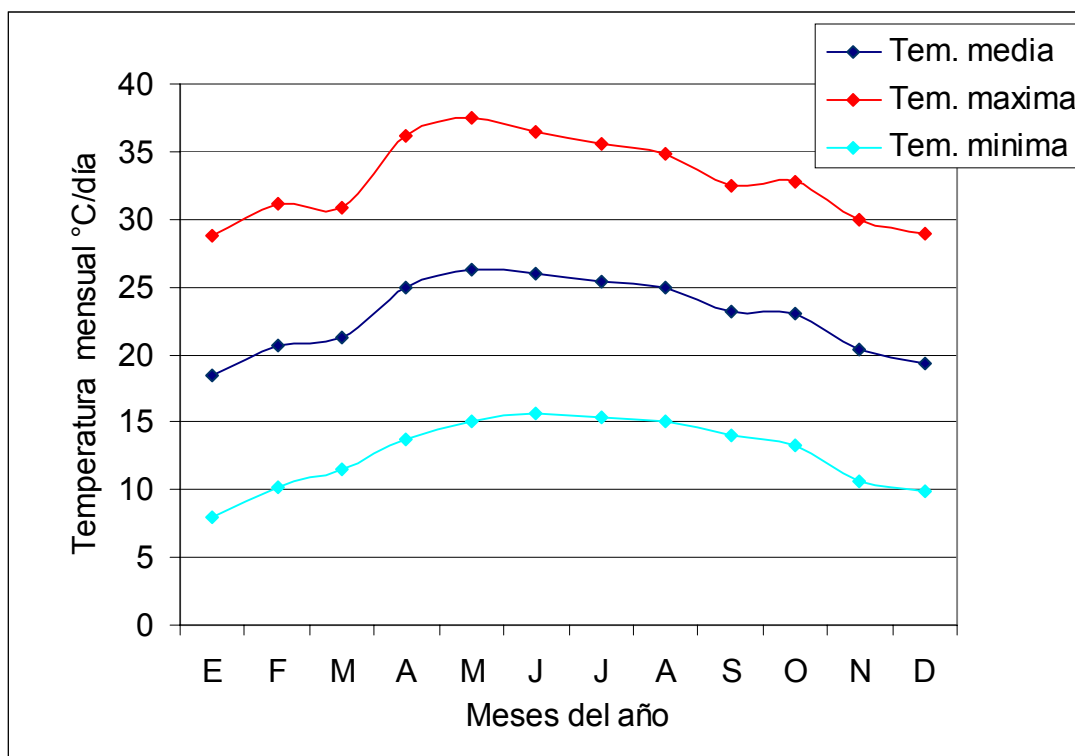


Figura 3.2 .Temperaturas registradas en Arteaga, Coahuila durante los 4 años de estudio

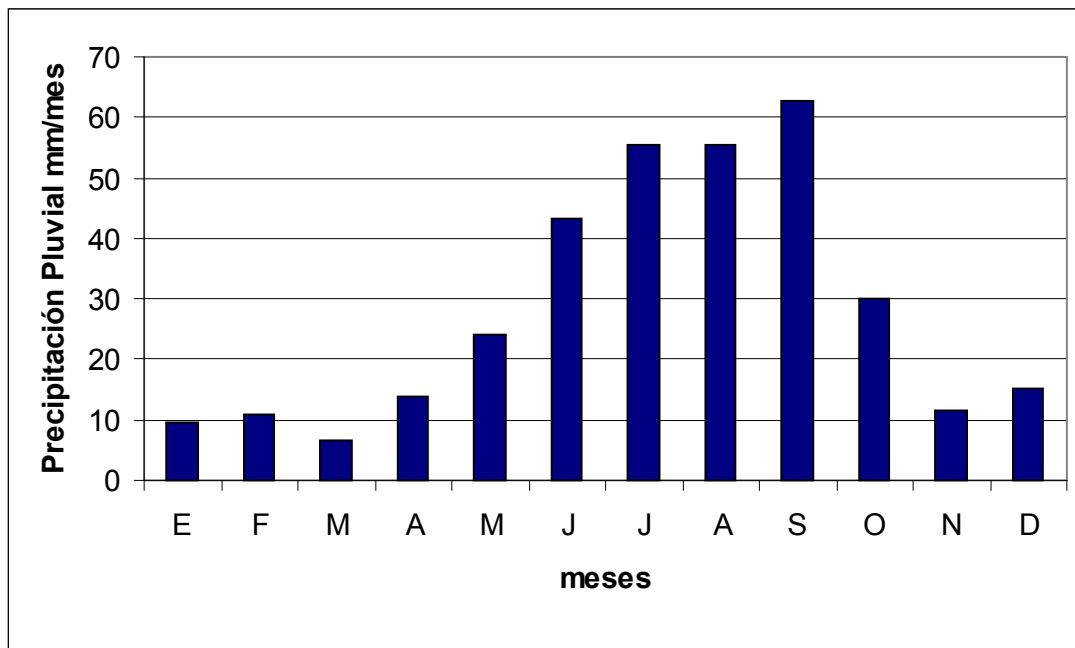


Figura 3.3. Distribución Mensual de la Precipitación Pluvial en Arteaga, Coahuila durante 20 años.

## VEGETACION

La vegetación bastante variada, consta de pino, cedro, encino, oyamel, lechuguilla, álamo, abeto, tejocote, pinabete, alamillo, sauz, palma, biznaga, maguey, pingüica, capulín, pirul, nopal, membrillo, manzano, durazno, chabacano, nogal, orégano, menta, laurel, hierbanís, rosa de castilla, gordolobo, hierba de San Nicolás, manzanilla, suelda y romero

## CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Tabla 3.1. Características del suelo

| Grupo de suelo | Descripción de características  |
|----------------|---|
| B              | Suelo con potencial de escurrimiento moderadamente bajo. Suelo arenoso poco profundo y agregado, tiene una mayor infiltración cuando húmedo, migajon arenoso. |

- ❖ Habitualmente con un espesor mayor de 10 cm.
- ❖ Posee un horizonte A ócrico, muy claro, con demasiado poco carbono orgánico, muy delgado y duro y macizo cuando se seca. Carece de

propiedades sálicas y gleicas (alta saturación con agua) en los 100 cm. superficiales.

## **TOPOGRAFIA**

- ❖ Se hizo un levantamiento topográfico (altimetría y planimetría), para conocer el relieve del área, ángulos horizontales y verticales, rumbos y distancias de la superficie (puntos de reconocimiento) Figura3.4.
- ❖ El área de estudio cuenta con un área de captación de 2 Has., una pendiente ligera del 2%.

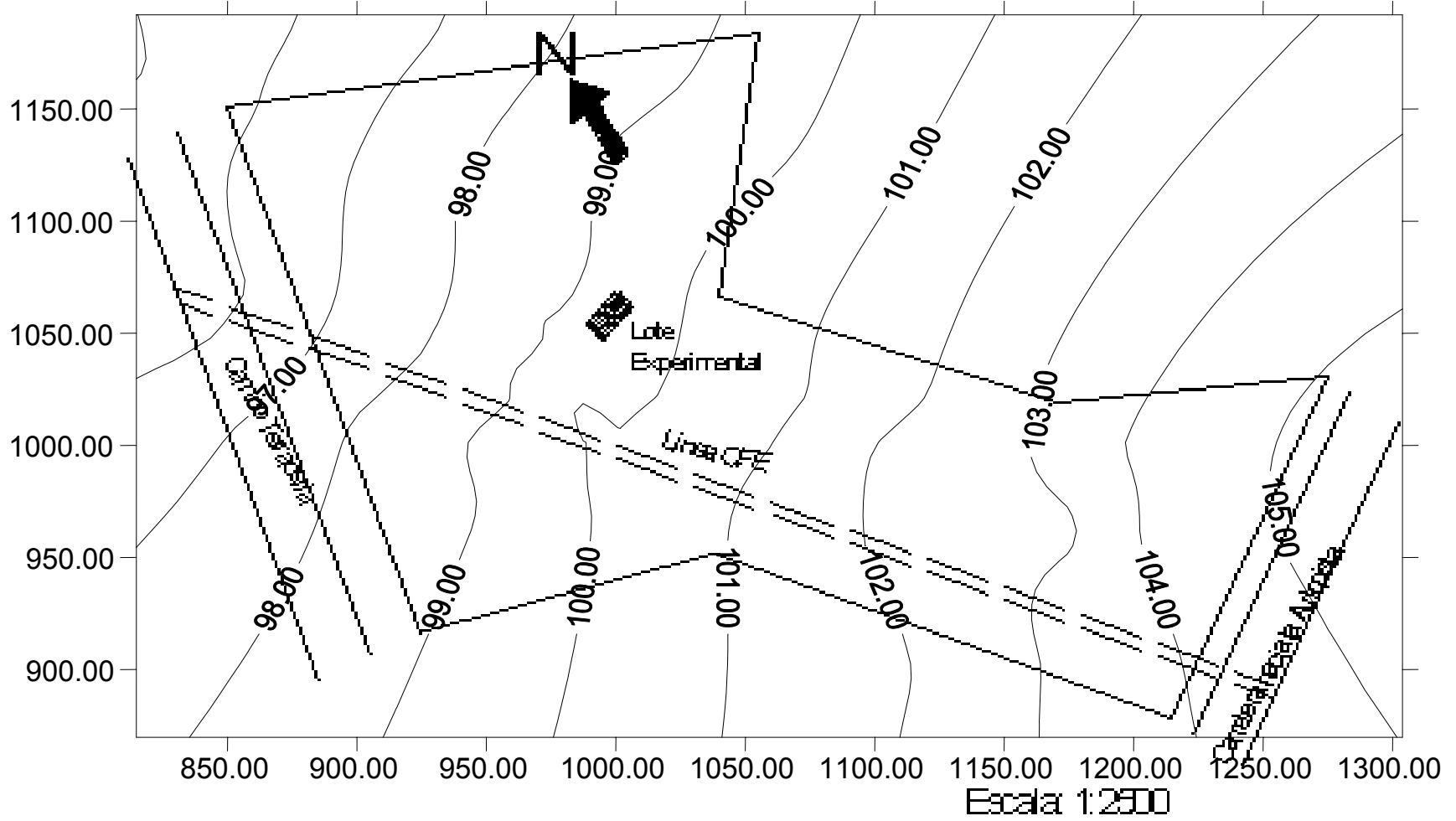


Figura 3.4 Mapa de curvas a nivel del área de estudio

## INVENTARIO DE ESPECIES FORESTALES ESTABLECIDAS

Las especies establecidas fueron conseguidas en los viveros de: SEMARNAP, SMN, UAAAN y particulares.

Tabla 3.2. Inventario de especies establecidas

| <b>Especies</b>   | <b>Repeticiones</b> |
|-------------------|---------------------|
| Ciprés Arizona    | 8                   |
| Ciprés Canadiense | 3                   |
| Pino Piñonero     | 3                   |
| Pino Gregi        | 5                   |
| Fresno            | 4                   |
| Eucalipto         | 3                   |
| Pirul             | 6                   |
| Mezquite          | 2                   |
| Lila              | 2                   |
| Mora              | 1                   |
| Acacia            | 1                   |
| Trueno            | 1                   |
| Olivo             | 1                   |
| Encino            | 1                   |
| Laurel de ornato  | 1                   |

## ESTABLECIMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES

Con los datos del levantamiento topográfico se procedió a calcular cotas del terreno, las cuales se vaciaron en un plano a escala, luego se procedió a trazar las curvas a nivel y a identificar las líneas de escurrimiento que nos servirán para establecer el experimento.

Las especies fueron establecidas en 1999 un área de captación de escurrimientos de 200 m<sup>2</sup>, en diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones, el plano general se muestra en la Figura 3.4.



En la Figura 3.5 se puede apreciar la distribución en campo de las especies plantadas a 2 \* 2 y 2 \* 1 (alta densidad).

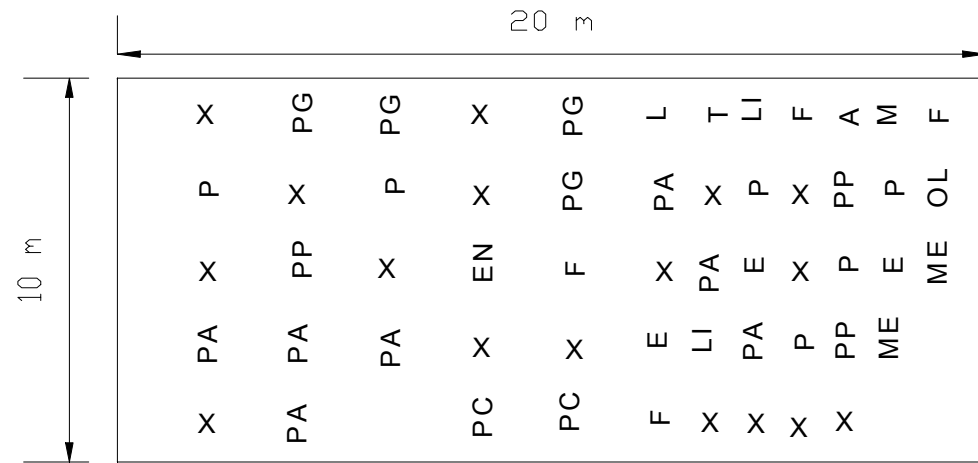
Las cepas para la plantación se hicieron de 60 a 90 cm de profundidad por 50 cm de ancho, el suelo es muy delgado en esta zona (30 cm) y descansa sobre una capa de tepetate, por lo que hubo necesidad de romper esta capa para profundizar la cepa. Las capas de suelo se invirtieron al plantar separando del suelo la piedra y la grava por medio de un cribado, el lote fue cercado con tela pollera para proteger las especies de las liebres.

También se estableció un pequeño vivero a un lado del lote experimental para la siembra de semilla de los árboles que prosperan bien bajo las condiciones antes mencionadas. Las plantas producidas se utilizaron para reposición de fallas y para seguir reforestando el área.

El conjunto de pruebas que deben pasar las plantas para adaptarse inmediatamente después de la plantación, son una serie de criterios que se inician desde que la planta sale del vivero, continua durante el transporte y manejo, en la época de plantación y meses después para aprovechar la época de lluvia y luego tolerar los meses de sequía para lograr sobrevivir y alcanzar la siguiente temporada.

El criterio personal, avances regionales en reforestación, conservación de montes, y la disponibilidad de plantas también influyeron en la elección de una especie u otra ya fuera para separarla o para preferirla.

De acuerdo al concepto Darwiniano, en lote establecido sobrevivieron los árboles mejor adaptados de cada especie y desaparecieron (se secaron) los menos capaces para arraigarse en respuesta a los factores ambientales de luz, temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes en condiciones naturales.



### Simbología

|                        |               |                 |            |
|------------------------|---------------|-----------------|------------|
| PA = Cipres Arizona    | E = Eucalipto | PG = Pino Greji | X = Fallas |
| PP = Pino Piñonero     | P = Pirul     | L = Laurel      |            |
| PC = Cipres Canadiense | ME = Mezquite | A = Acasia      |            |
| F = Fresno             | EN = Encino   | M = Mora        |            |
| LI = Lila              | OL = Olivo    | T = Trueno      |            |

Figura 3.5. Plano general del experimento

## Prueba de Infiltración en Campo

Los datos para las variables de la ecuación de Horton fueron obtenidos mediante el uso de los cilindros infiltrometros dobles de carga variable los resultados de esta prueba se muestran en la Figura 3.6 y en la Tabla A3.3 del Apéndice.

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt}$$

Donde:  $f(t)$  = La proporción de la Infiltración como una función de tiempo

$f_c$  = La porción de la infiltración final

$f_0$  = La porción de la Infiltración Inicial

$K$  = el Coeficiente de Horton

$t$  = tiempo

Las unidades deben permanecer constantes

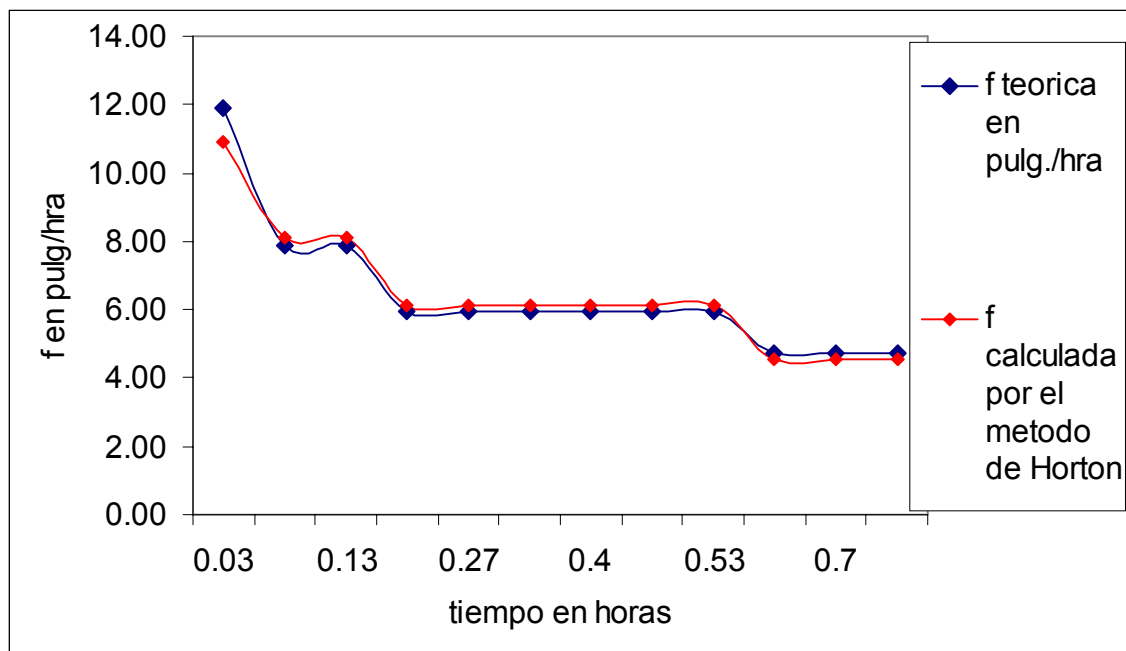


Figura 3.6 Curva de capacidad de infiltración estimada en el área de estudio Loma Alta, Arteaga, Coahuila

## Datos tomados y metodología de muestreo

### Datos hidrológicos

La precipitación fue medida mediante un pluviómetro instalado en el terreno donde se llevo a cabo el experimento, las lecturas se procuraban efectuar inmediatamente después de una lluvia cuando esto ocurría en el día o muy temprano cuando ocurría durante la noche.

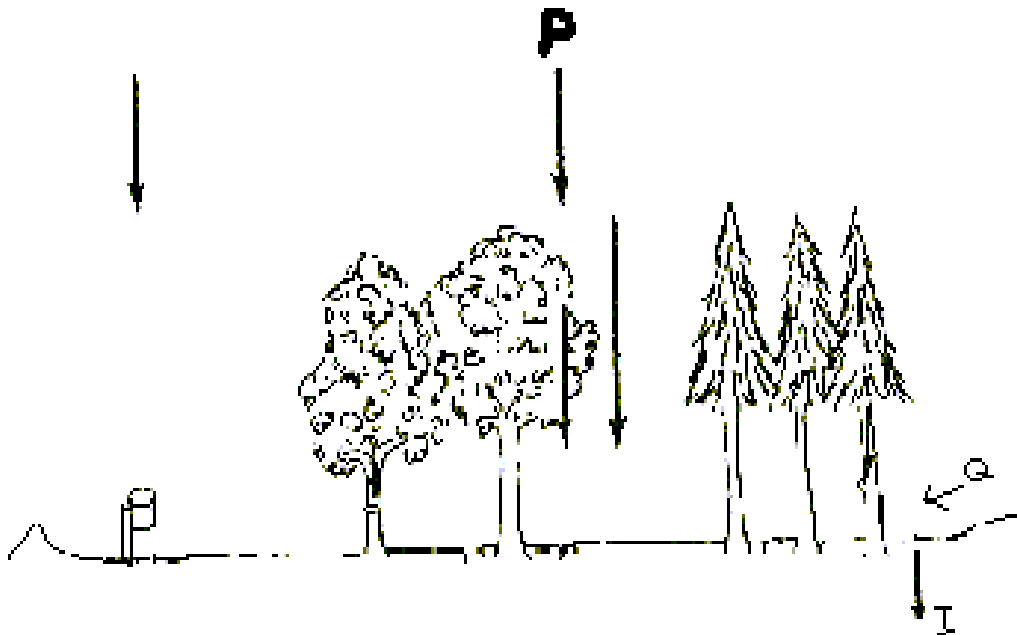


Figura 3.7. Pluviómetros instalados en el área de estudio

### Datos fenológicos y Análisis de Varianza

La altura de los árboles fue medida a partir del nivel del suelo hasta la rama mas alta usando un estadal y el radio de copa desde el tronco principal del árbol hasta la periferia promedio. En los árboles el crecimiento esta limitado a los ápices de raíces y tallos, y las yemas que producen ramas, hojas y flores.

Las lecturas del diámetro del grosor del tronco se tomaron con un vernier, midiendo el diámetro del árbol a 20 cm. por encima de la superficie del suelo.

Los crecimientos observados por fecha de muestreo fueron concentrados de acuerdo al diseño y fue analizada su varianza para establecer el nivel de significancia estadística. Los crecimientos fueron graficados en función de la fecha de observación.

### Escurrimiento Estimado y Alimentación del Software SMADA

Los volúmenes de escurrimiento fueron estimados mediante la ecuación propuesta por S.C.S.E.U. y apoyo del software SMADA para la generación de los hidrogramas:

La ecuación propuesta por el S.C.S.E.U., método descrito anteriormente para la estimación del volumen de escurrimiento, a partir de la lámina precipitada, y las características de la cuenca, es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Q = volumen de escurrimiento, cm.

P = lámina total precipitada, cm.

S = retención de la cuenca, cm.

La retención de la cuenca, es expresada por medio de índices de cuenca o curvas numéricas W:

Conociendo el índice de cuenca es posible estimar el valor de la retención mediante:

$$S = \frac{2500}{W} - 25$$

Donde:

S = retención de la cuenca, cm.

W = índice de cuenca, cm.

## Alimentación del Software SMADA

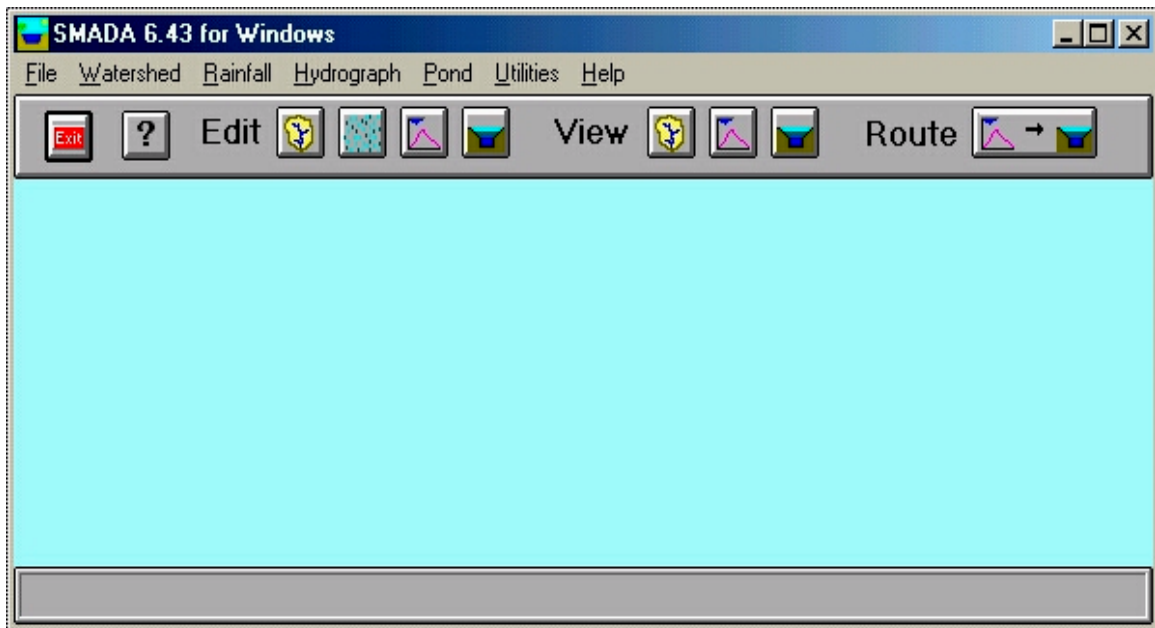


Figura 3.8. Página principal del software SMADA

### **Creando un archivo de la cuenca**

Los campos de entrada disponibles para la creación de una archivo de la cuenca son:

1. El área total (en acres)
2. El área impermeable
3. El área Impermeable directamente conectada con la cuenca en por ciento
4. Tiempo de Concentración
5. La abstracción adicional en área permeable
6. La abstracción adicional en área Impermeable
7. También se requieren los datos de infiltración de la cuenca

Los dos métodos disponibles para estimar la infiltración potencial son:

1. El Método de Horton

## 2. El Método de la Curva Número del Servicio de Conservación de suelos (SCS-CN)

The screenshot shows a software window titled "Watershed A: VAREAEST.SHD". It contains two main sections for data entry:

**Enter Watershed Characteristics**

|                                      |           |         |
|--------------------------------------|-----------|---------|
| Total Drainage Area                  | 4.94      | acres   |
| Impervious Drainage Area             |           | acres   |
| % Impervious Directly Connected      |           | %       |
| Time of Concentration                | Calculate | minutes |
| Additional Abstraction on Pervious   |           | inches  |
| Additional Abstraction on Impervious |           | inches  |
| Maximum Infiltration Capacity        | .8267     | inches  |
| Enter 999 for unlimited capacity     |           |         |

**Infiltration Characteristics**

SCS Curve Number Method       Horton Method

|                                   |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Horton Initial Infiltration Rate  | 10.89 | in/hr |
| Horton Limiting Infiltration Rate | 4.55  | in/hr |
| Horton Depletion Coefficient      | 17    | /hr   |
| Horton Recovery Coefficient (opt) |       | /hr   |

Figura 3.9 Campos para alimentar el archivo de una cuenca

### Cálculo del Tiempo de Concentración (TC).

Se dispone de una subrutina para el cálculo del TC que se puede acceder desde el escritorio del SMADA o desde la hoja de la cuenca como se muestra en la Figura 3.9, y se dispone de varias ecuaciones para estimar este valor; los campos que hay que llenar son el de pendiente y longitud de recorrido del escurrimiento, además de que se cuenta con la opción de unidades métricas e inglesas Figura 3.10.

**Time of Concentration Calculator**

Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)

Izzard's formula

Kerby's equation

Kirpich's equation

Kinematic equation

Bransby Williams equation

Federal Aviation Agency equation

Open TR55 Worksheet

Enter Required Parameters for Calculation

Slope (m/m)

Length of overland flow (m)

Done Print About

Select Unit System

Metric  English

Programmed by Dr. R.D. Eaglin

Figura 3.10. Alimentación de campos para el cálculo del Tiempo de Concentración.

## Creando un Archivo de Lluvia

Un archivo de lluvia consiste en un volumen de lluvia (en pulgadas) para una serie de incrementos de tiempo. El número máximo de incrementos de tiempo permitido es 960. Para determinar el número de incrementos de tiempo en una lluvia se divide la duración de la lluvia por el incremento. Por ejemplo 1 hora tormenta larga con 10, los incrementos de tiempo en minutos serán 6 pasos (60 / 10).

El usuario tiene dos opciones básicas al crear la curva de distribución para una lluvia:

Entrada de Datos de Lluvia



Si se decide entrar en el archivo de una estación y crear el perfil de una lluvia, se debe conocer la duración y luego decidir el incremento de tiempo para la lluvia. Se ignorará cualquier valor extra que se meta fuera de la duración de la lluvia. La lluvia total se calculará después de que los valores de lluvia se han ingresado.

### El uso de curvas de distribución dimensionales

SMADA tiene en su memoria muchos tipos de curvas de distribución dimensionales en las cuales puede apoyarse; algunos son SCS teclean II, SCS teclean II Florida modificado, y SCS teclean III. (Puede haber otras curvas disponibles en el momento en que este paquete sea adquirido). Para usar estas curvas se debe ingresar en una duración, incremento de tiempo, y una lluvia total. Se pulsa el botón que pertenece al tipo de curva que se usara y la lluvia se ajustara a esta curva.

The screenshot shows the 'Rainfall' software window. At the top, there is a title bar 'Rainfall' and a status bar 'Total = 4.00 inches'. Below the title bar is a toolbar with icons for Exit, Home, Open, Save, Print, and Help. The main area is divided into two sections. The left section is titled 'Enter Rainfall Property Data' and contains several input fields: 'Total Rainfall Duration in hours' (1), 'Time step for Rainfall in minutes' (15), 'Total Rainfall in inches' (4), 'Start Time of Rainfall (optional)', and 'Start Date of Rainfall (optional)'. Below this is a section titled 'Select Type of Rainfall Distribution' with radio buttons for 'User Defined', 'SCS Type IA' (selected), 'SCS Type II', 'SCS Type III', 'SCS Type II FL', 'From STM file', 'Constant Intensity', and 'Clear'. The right section is a table with columns 'Time (hrs)', 'Time (min)', and 'Rainfall (inches)'. The table contains four rows of data.

|   | Time (hrs) | Time (min) | Rainfall (inches) |
|---|------------|------------|-------------------|
| 1 | 0.25       | 15         | 0.816             |
| 2 | 0.50       | 30         | 1.840             |
| 3 | 0.75       | 45         | 0.776             |
| 4 | 1.00       | 100        | 0.568             |

Figura 3.11. Captura de la precipitación por tormenta y ajuste a la curva dimensional.

## La Generación de Hidrogramas

SMADA contiene varias rutinas de generación de hidrogramas. Antes de la generación de un Hidrograma el usuario del programa debe crear o debe abrir un archivo de información de la cuenca y lluvia. Un Hidrograma también puede abrirse del disco con la información de la cuenca y la lluvia generada. Los métodos actualmente disponibles para la generación de hidrogramas son:

1. El Método de SCS
2. El Método del Hidrograma Urbano de Santa Bárbara
3. El Método del Hidrograma Unitario

Entre otros disponibles en el programa.

Seleccionando el método deseado del menú general, el Hidrograma se generara usando los datos de la cuenca y lluvia actuales como se puede apreciar en la Figura 3.12.

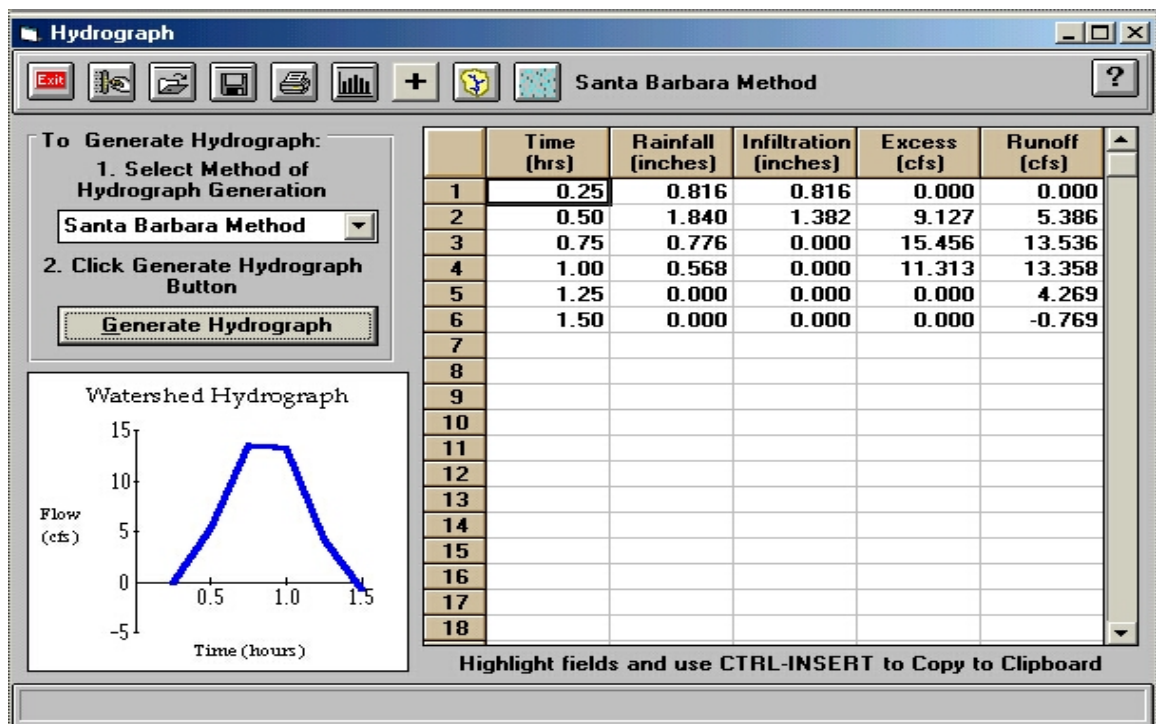


Figura 3.12. Alimentación de los campos para la generación del Hidrograma.

## ANALISIS DE LA DISTRIBUCION Y PROBABILIDAD

El software también dispone de una subrutina para ajustar tanto los datos de lluvia como los de escurrimiento a las funciones estadísticas usadas en Hidrología, como son: normal, lognormal, Pearson, LogPearson y Gumbel; como se muestra en la figura 3.13.

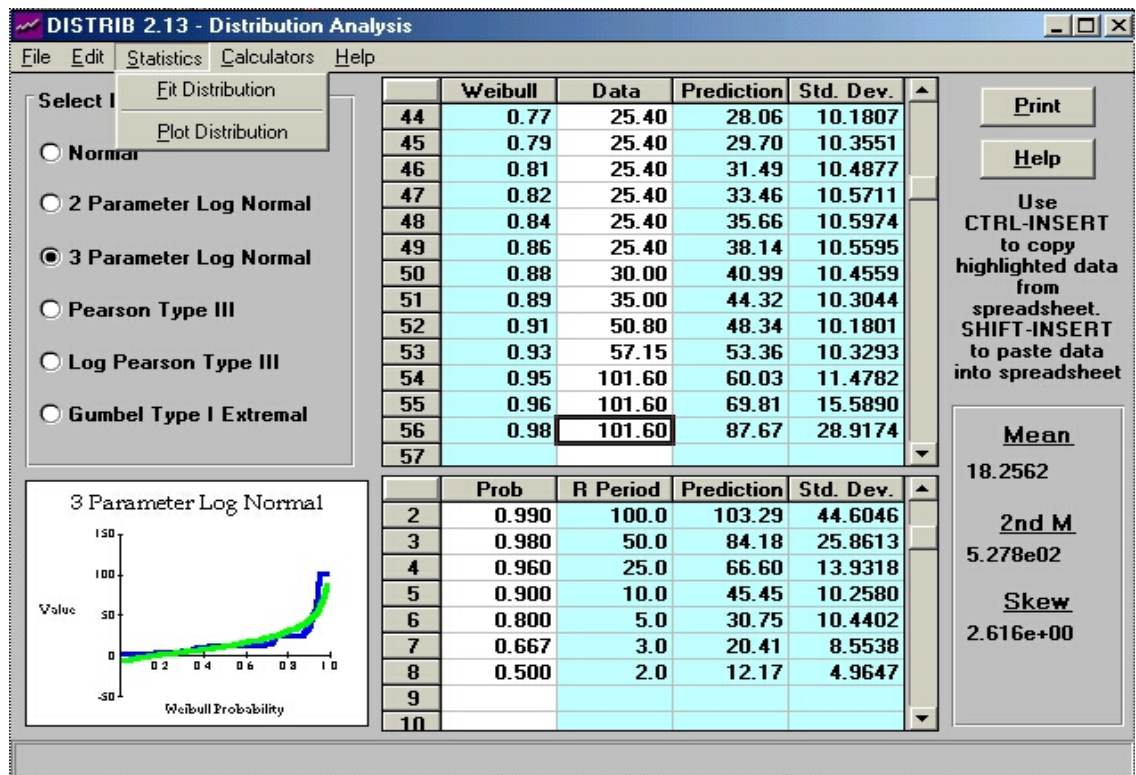


Figura 3.13. Captura de campos para el ajuste a una de las distribuciones estadísticas.

Para cualquier duda sobre alguno de los campos al alimentar el software consultar el menú de ayuda del software.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Régimen pluviométrico registrado en el experimento

En la Figura 4.1 se presenta la precipitación acumulada anual de los 4 años de estudio y en la Figura 4.2 la distribución media mensual, ocurriendo la mínima precipitación en el año 2001 con una lámina de 92 mm y la máxima en el 2002 con una lámina total anual de 402 mm, ocurriendo la mínima precipitación el 11 de Febrero y 5 de Agosto del 2002 y las máximas en los días 17y 19 junio de 1999, así como el 17 de Septiembre del 2002. El mes más lluvioso es Junio con 78 mm, todo lo anterior se puede corroborar revisando las Figuras, B.1, B.4 y B.3 del apéndice.

Durante el período del experimento que fue de 4 años se registró una precipitación promedio anual de 255 mm, característica de regiones desérticas.

La distribución de las precipitaciones a lo largo del experimento se anexa para su consulta en la Figuras B.1 a la B.4 del Apéndice de donde se desprendió lo antes mencionado.

La evapotranspiración mensual excede en mas de seis u ocho veces a la precipitación, afortunadamente para los árboles el periodo de lluvias comprendido de Mayo a Octubre apoya al crecimiento y los bordos de captación ayudan a satisfacer parte de la demanda que aumenta en el verano. El invierno tiende a ser seco pero en esta época la demanda transpirativa se reduce y algunas especies como el mezquite, fresno, huizache y lilas se defolian y entran en dormancia. En el periodo de lluvias comprendido de Mayo a Octubre se puede esperar una precipitación mayor o próxima a una pulgada por mes (a un 70% de probabilidad); tendencia que se puede apreciar en las Figuras 4.3 y 4.4.

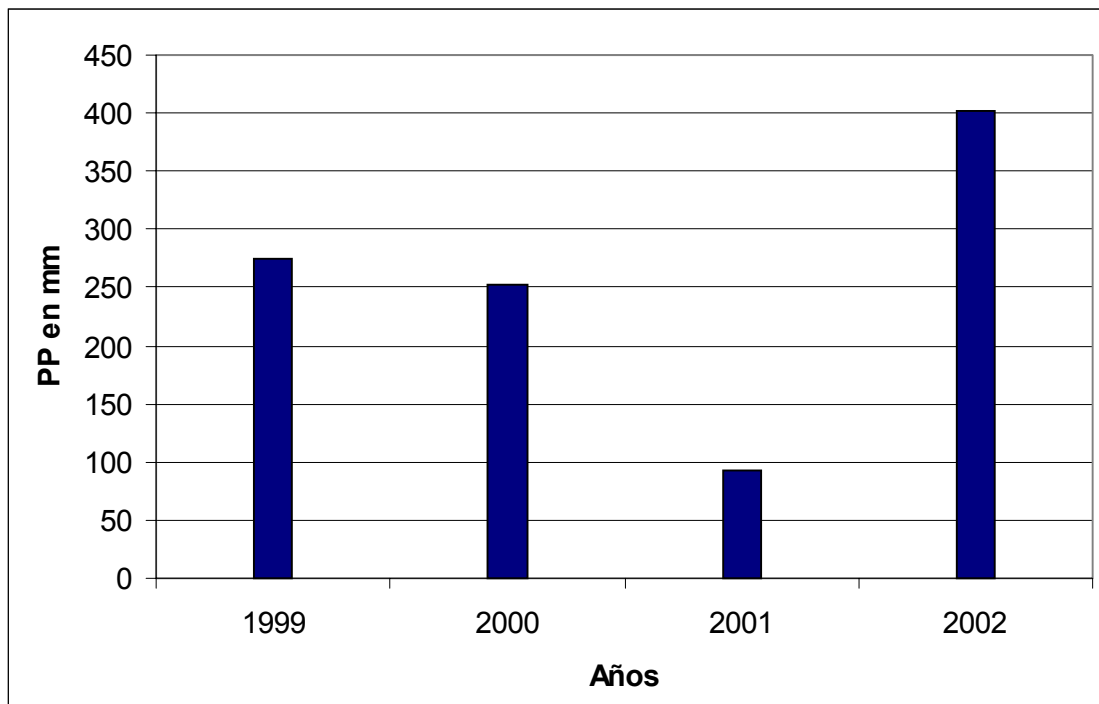


Figura 4.1. Precipitación Pluvial acumulada anual en los 4 años de estudio

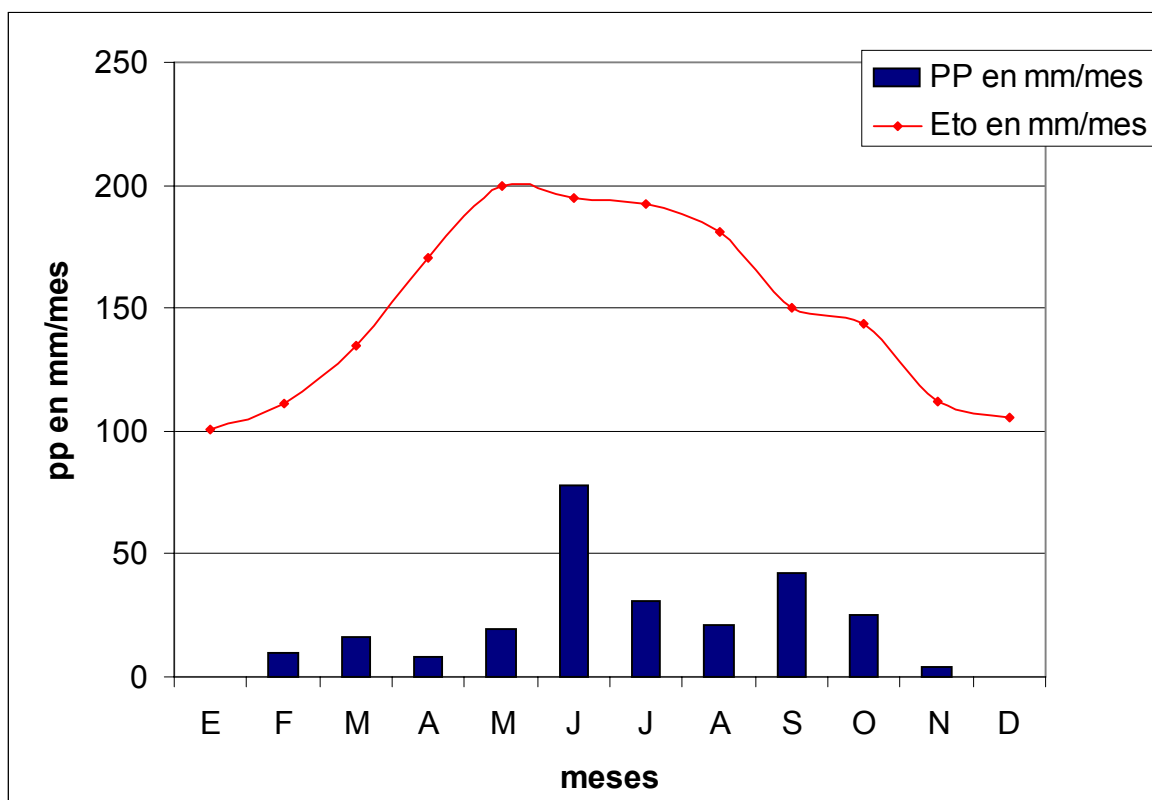


Figura 4.2. Precipitación pluvial promedio mensual y Evapotranspiración registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila en los 4 años de estudio

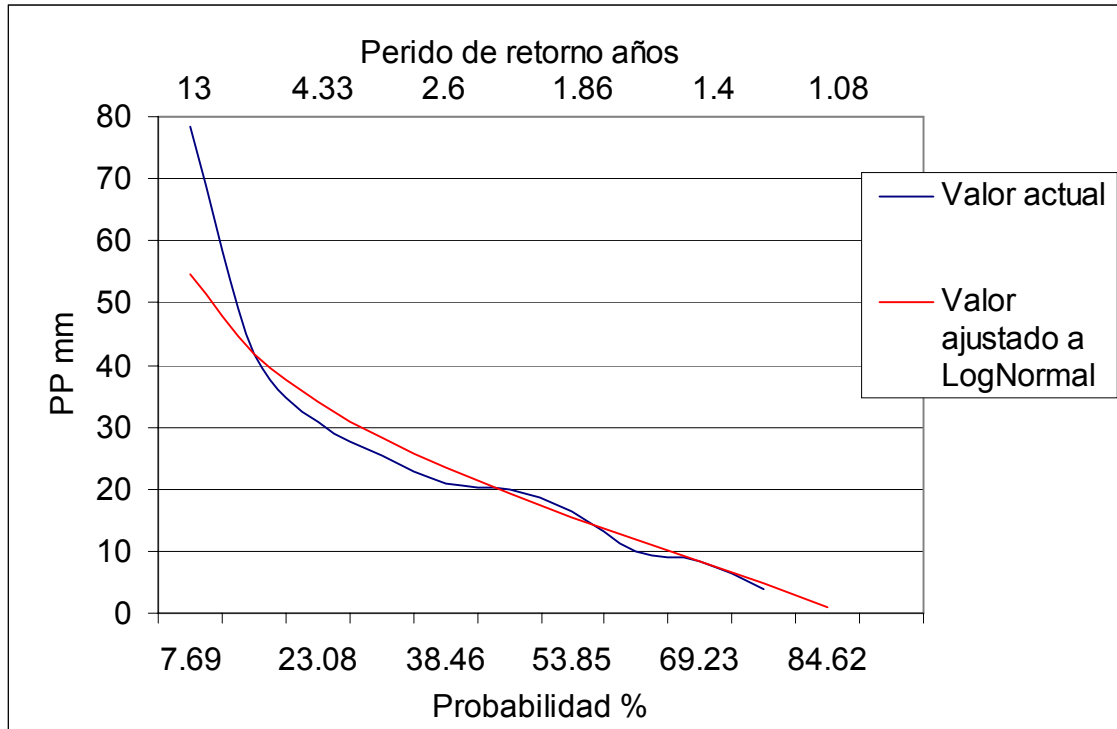


Figura 4.3 Precipitación mensual vs probabilidad de ocurrencia

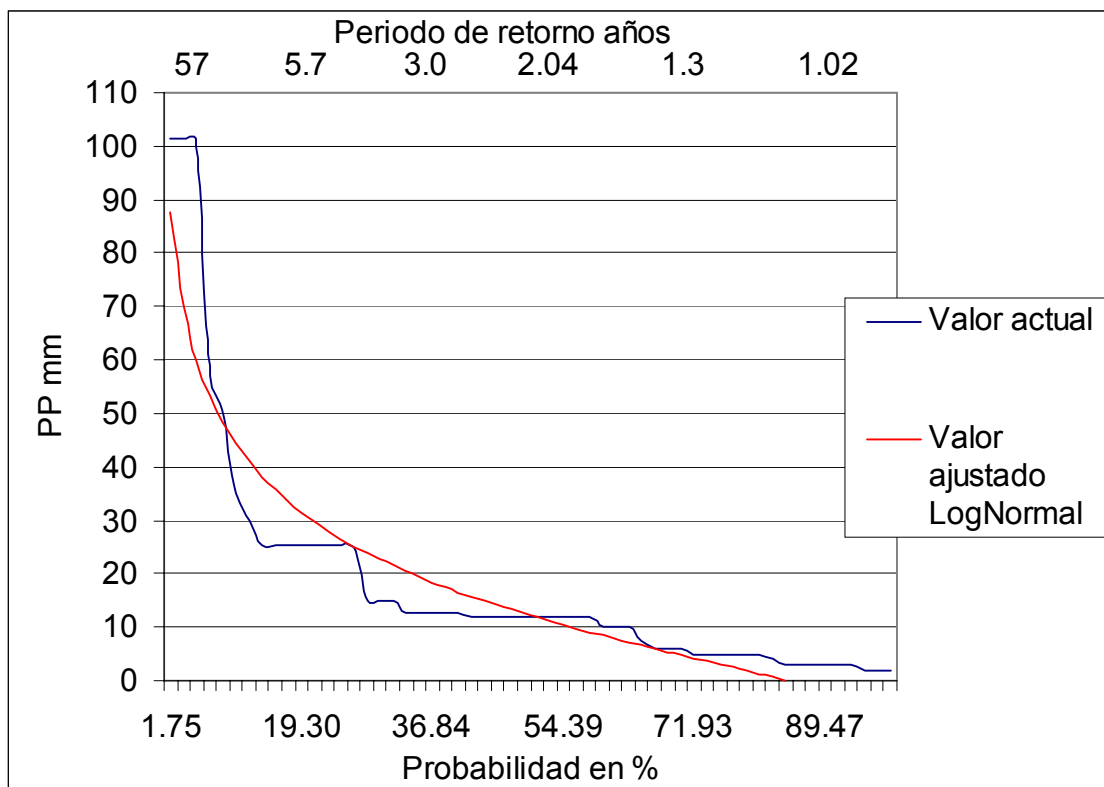


Figura 4.4 Precipitación diaria vs probabilidad de ocurrencia

### Volumen de Escurrimiento

Este fue estimado mediante el Método del SCS y con apoyo del software SMADA, los datos obtenidos por el software se muestran en el Apéndice y los volúmenes de escurrimiento totales se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 4.1. Escurrimiento Superficial Calculado para el área de Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Año          | 1999         |              | 2000         |              | 2001        |              | 2002         |              | media         |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
|              | Q (CFS)      |              | Q (CFS)      |              | Q (CFS)     |              | Q (CFS)      |              | Q (CFS)       |              |
| Mes          | Máx.         | Salida       | Máx.         | Salida       | Máx.        | Salida       | Máx.         | Salida       | Máx.          | Salida       |
| E            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0             | 0            |
| F            | 0            | 0            | 0            | 0            | 2.11        | 0.199        | 0            | 0            | 0.528         | 0.0498       |
| M            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0             | 0            |
| A            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0             | 0            |
| M            | 0            | 0            | 3.51         | 0.459        | 0           | 0            | 2.11         | 0.199        | 1.405         | 0.164        |
| J            | 27.08        | 3.592        | 5.62         | 0.658        | 0           | 0            | 2.11         | 0.199        | 8.702         | 1.112        |
| J            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 8.71         | 1.291        | 2.178         | 0.323        |
| A            | 1.05         | 0.089        | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0.263         | 0.022        |
| S            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 20.62        | 2.465        | 5.155         | 0.616        |
| O            | 0            | 0            | 6.33         | 0.597        | 0           | 0            | 0            | 0            | 1.583         | 0.149        |
| N            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0             | 0            |
| D            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            | 0            | 0             | 0            |
| <b>Total</b> | <b>28.13</b> | <b>3.681</b> | <b>15.46</b> | <b>1.714</b> | <b>2.11</b> | <b>0.199</b> | <b>33.55</b> | <b>4.154</b> | <b>19.814</b> | <b>2.436</b> |

En general las lluvias que se registraron tuvieron una duración de 60 a 120 minutos y el Hidrograma se construyó con 6 y 8 incrementos de 15 minutos de tiempo cada uno.

La cuenca se caracteriza por no registrar escurrimientos significativos durante cinco meses consecutivos iniciando la escasez en la cosecha de lluvia en noviembre y prolongándose hasta finales de abril.

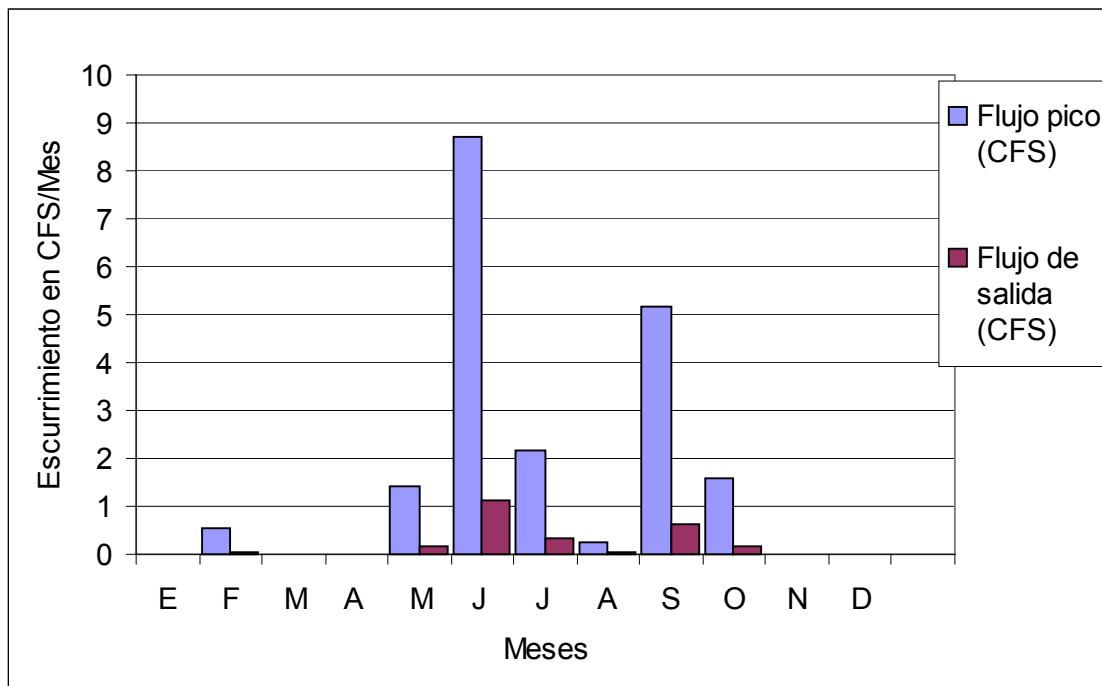


Figura 4.5. Esguerrimiento Superficial calculado en el área de Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

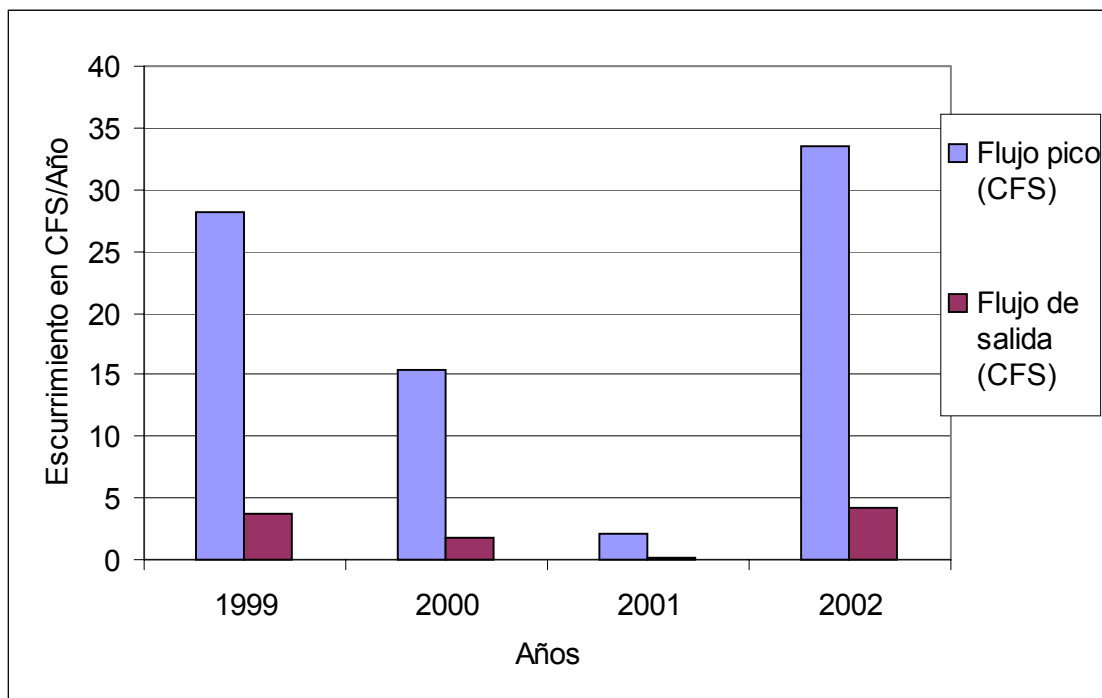


Figura 4.6. Esguerrimiento anual calculado en el área de Loma Alta, Arteaga, Coahuila



## Crecimiento Observado en las Especies y Diferencia Estadística

### Altura

Los resultados del análisis de varianza se reportan en la Tabla 4.2 y la comparación de medias se puede apreciar en las figuras 4.7 y 4.8, algunas plantas no lograron resistir a la sequía del 2001 y por lo tanto fracasaron en el intento de adaptarse al régimen pluviométrico de la región (Figuras 4.1 y 4.2), otras por el contrario presentaron una gran respuesta y algunas otras solo se mantuvieron inhibidas sin mostrar algún cambio, esto aunado también claro a los bajos volúmenes de escurrimiento generados por las precipitaciones (Tabla 4.1 y Figuras 4.5 y 4.6).

### Incremento en la altura

Conforme se incrementa la ocurrencia de eventos lluviosos y la generación de escurrimientos que influyen en la cantidad de humeado disponible para las plantas, estas tienden a incrementar su altura, principalmente aquellas especies con alta adaptabilidad al régimen pluviométrico de la región.

Tabla 4.2. Alturas promedio (m) y nivel de significancia registrados en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga Coahuila.

| Especie  | 28/11/01 | Feb/02 | 9/8/02 | 5/10/02 |
|--|----------|--------|--------|---------|
| C. Arizona   | 1.54     | 1.55   | 1.61   | 1.74    |
| C. Canadiense  | 1.3      | 1.42   | 1.44   | 1.53    |
| Pino Piñonero  | 0.98     | 1.01   | 1.01   | 1.01    |
| Pino Gregi   | 0.54     | 0.54   | 0.64   | 0.64    |
| Fresno   | 1.8      | 1.81   | 1.84   | 1.95    |
| Eucalipto  | 2.03     | 2.10   | 2.50   | 2.52    |
| Pirul  | 1.74     | 1.90   | 2.10   | 2.31    |
| Mezquite   | 0.5      | 0.5    | 0.63   | 0.72    |
| Varias (olivo, trueno, lila, acacia, encino, mora, laurel) | 0.80     | 0.83   | 0.91   | 1.09    |
| Significancia Estadística                                  | **       | **     | **     | **      |
| Media general  | 1.25     | 1.30   | 1.41   | 1.50    |

\* Significancia = 0.01

\*\* Significancia = 0.05

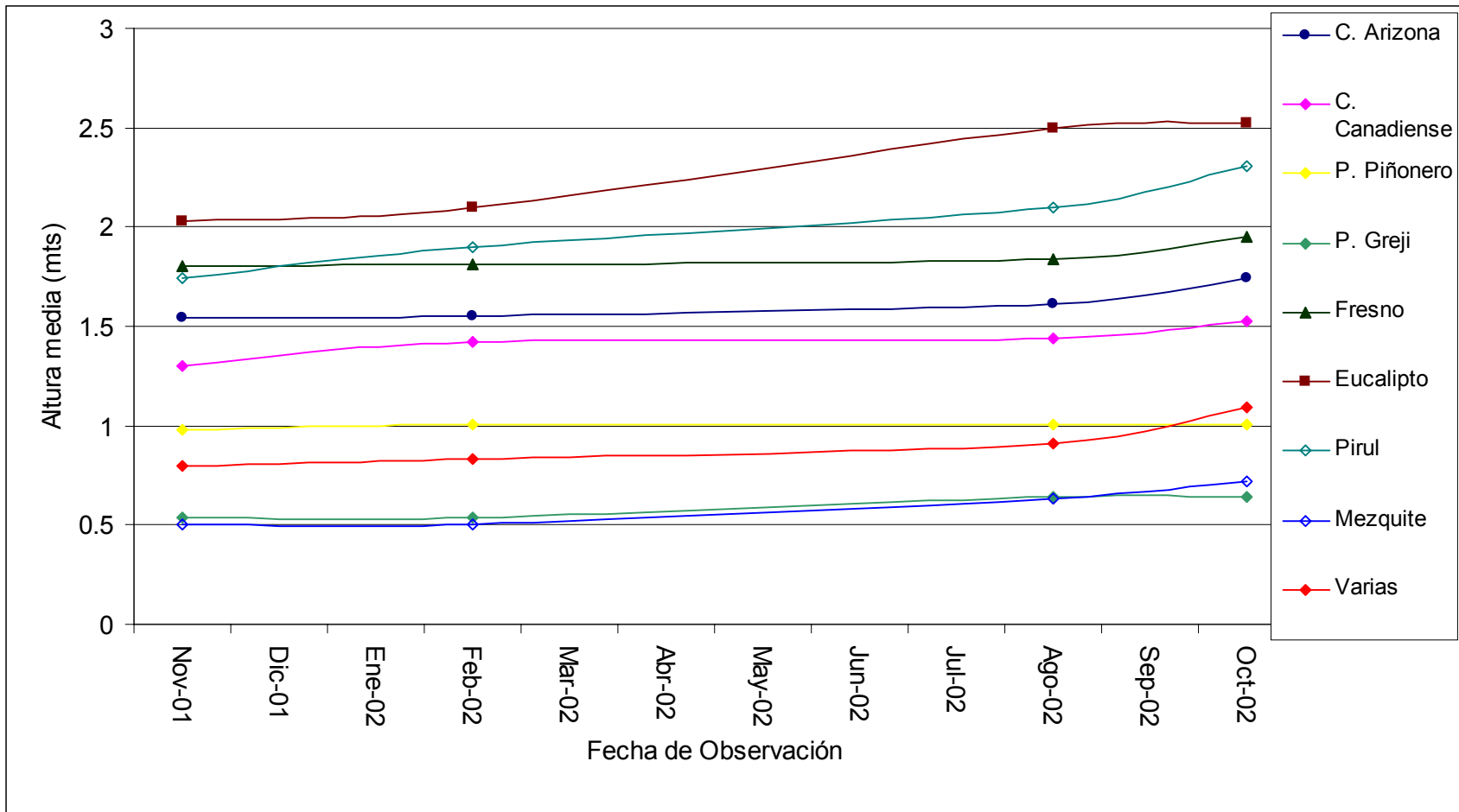


Figura 4.7. Curva de Crecimiento con respecto a la altura media por fecha de observación en las Especies Establecidas Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

Los árboles crecen poco o casi nada en el invierno con excepción del Ciprés Canadiense, los árboles activan su crecimiento cuando llega la primavera y aceleran el incremento en altura durante la temporada de lluvias. El Eucalipto, el Pirul y el Ciprés Arizona son estimulados por las temperaturas de la primavera y se mantiene creciendo con las reservas invernales de humedad residual a pesar de la sequía típica de los meses de Marzo y Abril.

Cuando las primeras lluvias de la temporada que ocurren en la primera quincena de Mayo (en ocasiones acompañadas de granizo) se retrasan o no se presentan, las reservas de humedad del suelo y las reservas en la madera de la planta se agotan por la demanda del árbol, los brotes y las ramas más tiernas se empiezan a secar, se presenta una defoliación prematura y si la sequía se prolonga las ramas primarias y parte del tronco principal también se secan.

Al haber presencia de humedad al presentarse lluvias los troncos “secos” rebrotan y más brotación revive las ramas, se vigoriza el árbol y se observa más follaje y mayor altura en los árboles.

También sobre el suelo bajo los árboles se promueve la emergencia y crecimiento de diversas plantas silvestres, pastos y la presencia de insectos, hay más presencia de vida silvestre en busca de alimento fresco y humedad.

En el lote experimental el Eucalipto mostró clorosis esto debido a que no tolera excesos de calcio, las lilas y acacias no toleraron las heladas registradas en la región, el fresno se defolia prematuramente al presentarse alguna sequía prolongada, el mezquite por el contrario no presenta brotación hasta iniciarse la temporada de lluvias.

En la Figura 4.8 se puede apreciar la diferencia entre alturas en la última fecha de observación, se aprecia fácilmente a aquellas especies que están mostrando mejor respuesta a la región.

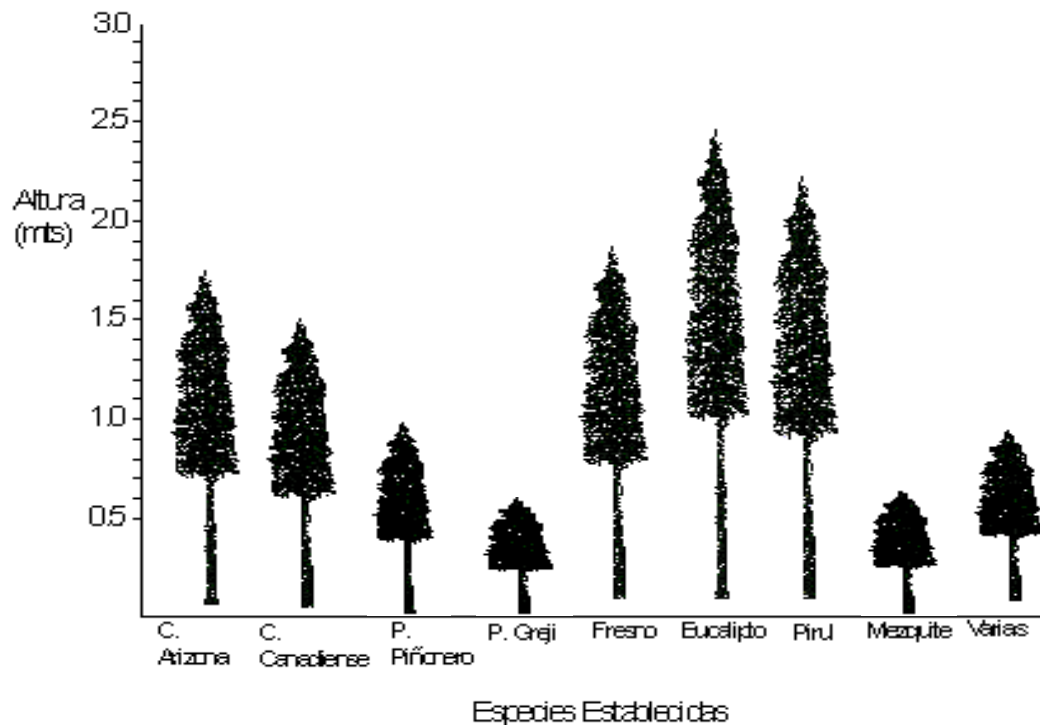


Figura 4.8. Altura media observada el 5 de Octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

#### Diámetro de Tronco

Analizando lo relacionado con el diámetro del tronco Figuras 4.9 y 4.10, y la Tabla 4.3 podemos observar como se fue incrementando el diámetro del tronco de acuerdo a la presencia de lluvias y escurrimientos, entre mejor respuesta tiene la especie a el ambiente de la región mayor aumento de diámetro se tiene por lo que aumenta la demanda tanto de agua como de nutrientes, al hablar del agua se puede observar que entre mayor es la sequía por la que atraviesan las especies mayor es el retraso en su desarrollo, sobre todo en aquellas especies más sensibles al déficit hídrico.

Tabla 4.3. Diámetros de Tronco promedio (pulgadas) y nivel de significancia registrados en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga Coahuila.

| Especies   | Febrero/2002 | 9/8/2002 | 5/10/2002 |
|--|--------------|----------|-----------|
| C. Arizona   | 1.013        | 1.110    | 1.325     |
| C. Canadiense  | 1.008        | 1.025    | 1.128     |
| Pino Piñonero  | 0.743        | 0.833    | 0.886     |
| Pino Gregi   | 0.358        | 0.380    | 0.467     |
| Fresno   | 0.967        | 1.036    | 1.113     |
| Eucalipto  | 1.568        | 1.775    | 1.992     |
| Pirul  | 1.422        | 1.833    | 2.220     |
| Mezquite   | 0.276        | 0.306    | 0.326     |
| Varias (olivo, trueno, lila, acacia, encino, mora, laurel) | 0.411        | 0.461    | 0.542     |
| Significancia Estadística                                  | **           | **       | *         |
| Media general  | 0.862        | 0.973    | 1.111     |

\* Significancia = 0.01

\*\* Significancia = 0.05

Los árboles con mas de una pulgada en grosor de tronco fueron: Fresno (1.113”), C. Canadiense (1.128”), C. Arizona (1.325”), Eucalipto (1.992”) y el Pirul (2.22”), en los demás árboles se alcanzaron diámetros de tronco en el orden de 0.326” a 0.886”.

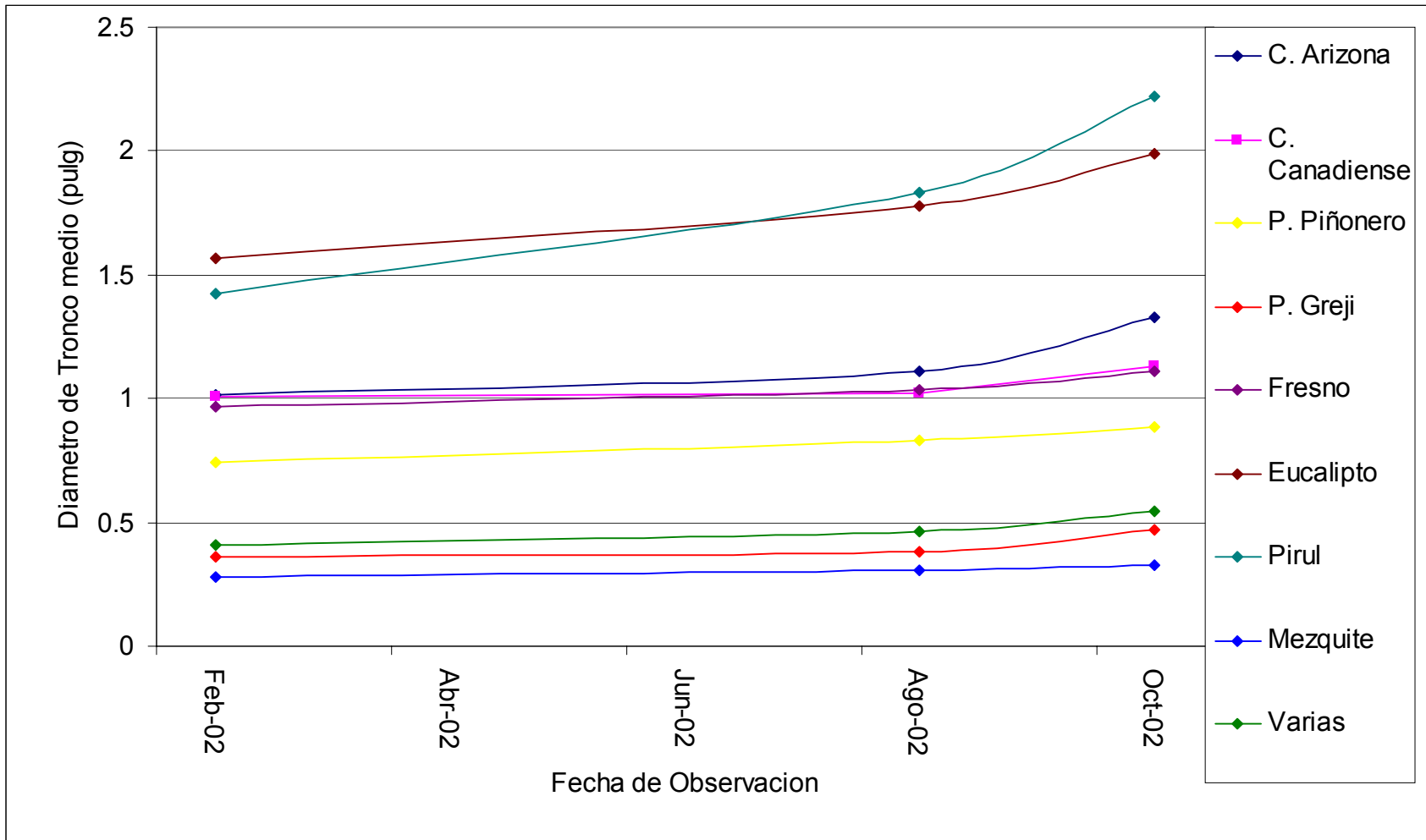


Figura 4.9. Curva de Crecimiento con respecto al Diámetro de Tronco promedio por fecha de observación en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

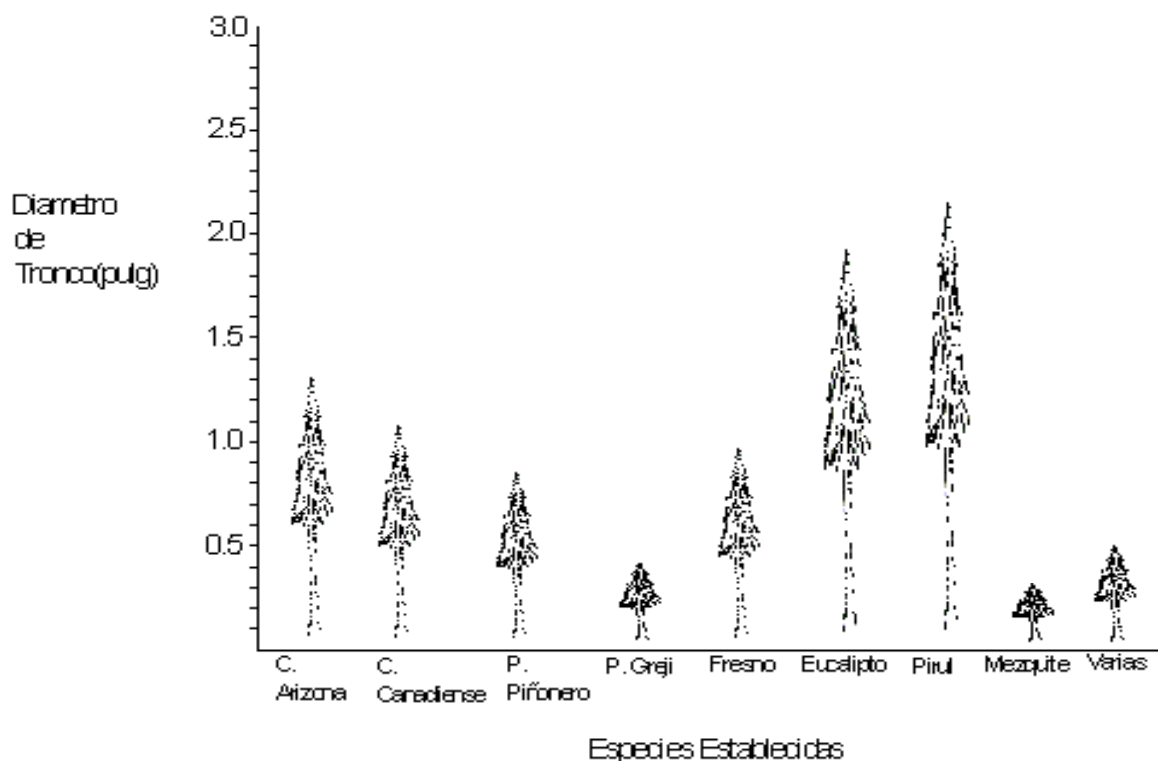


Figura 4.10. Diámetro de tronco medio observado el 5 de octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

#### Radio de Copa

Esta relacionado con las dos variables anteriores (altura, diámetro de tronco), ya que conforme se incrementan estas dos variables el radio de copa también como se puede apreciar en las Figuras 4.13 y la 4.14, esto es debido a que las necesidades nutrimentales de la planta crecen por lo que la demanda energética es mayor y esta demanda es suministrada en parte por las hojas que componen el radio de copa; y además es en las hojas donde se fotosintetizan los carbohidratos y asimilatos.

En general se puede decir que respecto al diámetro de tronco, las especies que mayores incrementos tienen son aquellas que mejor respuesta han presentado al régimen pluviométrico de la región.

### Incremento en el Radio de Copa

El incremento en radio de copa es promovido por las necesidades energéticas de la planta como estrategia para sobrevivir ya que a mayor radio de copa mayor es la intercepción de la precipitación y de radiación, así como también se sombrea el suelo y se evita que la humedad se pierda por evaporación, el incremento en el radio de copa se puede observar en la Figura 4.13, las especies que mayores incrementos tienen son aquellas que mejor respuesta han presentado al régimen pluviométrico de la región.

Tabla 4.4 Radio de copa promedio (cm) y nivel de significancia registrados en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga Coahuila.

| Especies   | 9/8/2002 | 5/10/2002 |
|--|----------|-----------|
| C. Arizona   | 39.56    | 43.85     |
| C. Canadiense  | 46.0     | 46.0      |
| Pino Piñonero  | 30.0     | 32.7      |
| Pino Gregi   | 13.7     | 15.25     |
| Fresno   | 51.65    | 55.0      |
| Eucalipto  | 55.0     | 67.5      |
| Pirul  | 85.7     | 95.0      |
| Mezquite   | 4.1      | 13.0      |
| Varias (olivo, trueno, lila, acacia, encino, mora, laurel) | 24.5     | 29.0      |
| Significancia Estadística                                  | **       | **        |
| Media general  | 38.91    | 44.14     |

\* Significancia = 0.01

\*\* Significancia = 0.05

El grosor de tronco y altura se incrementan linealmente conforme se incrementa el radio de copa de las especies.



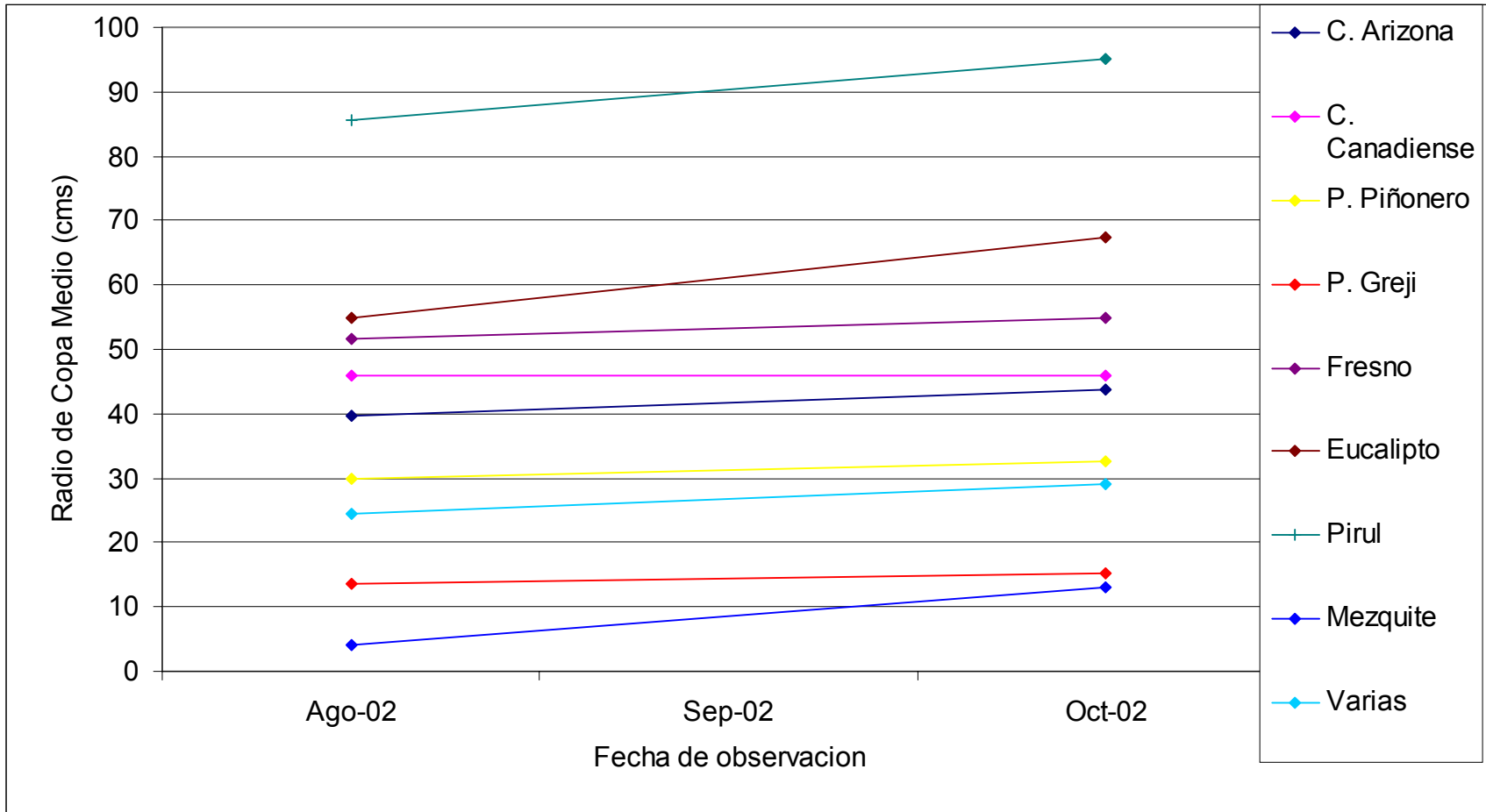


Figura 4.11. Curva de Crecimiento con respecto al radio de Copa promedio por fecha de observación de las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

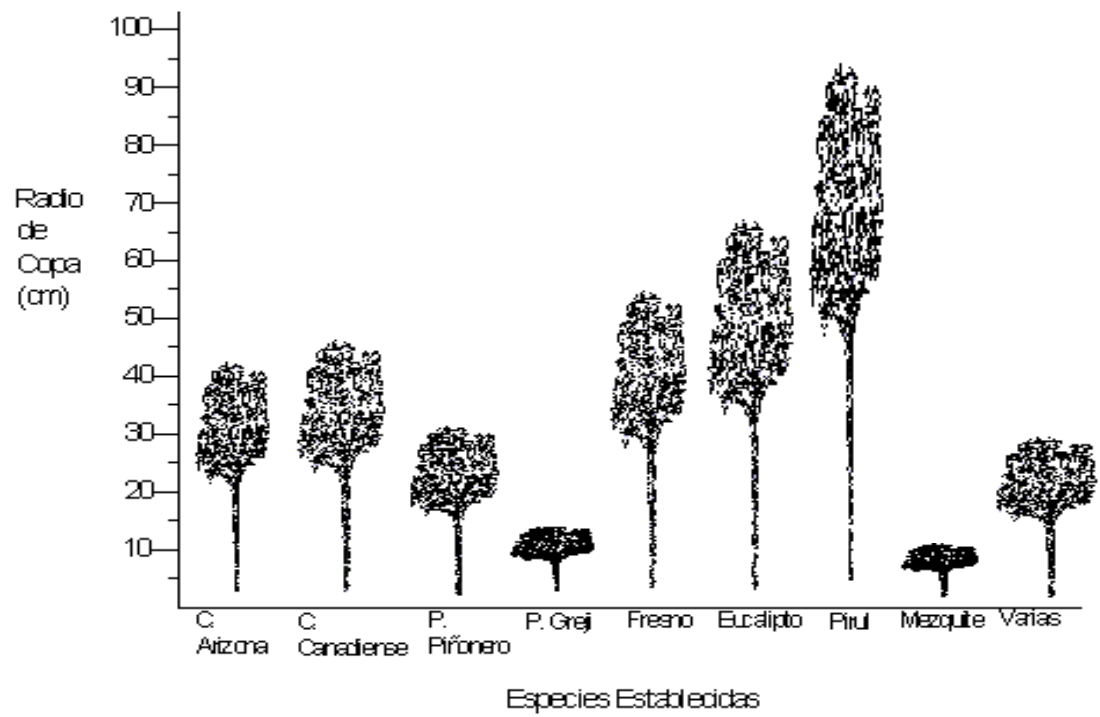


Figura 4.12. Radio de copa medio observado el 5 de octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Después de haber realizado el análisis y la discusión de los resultados en este estudio, y a la luz de nuestra comprensión y discernimiento que permiten desprender las siguientes conclusiones:

- a) Las especies establecidas que mejor respuesta mostraron fue el Pirul, siguiendo el Eucalipto, Fresno, C. Arizona, ya que son las de mayor altura, según el análisis de varianza.
- b) El Eucalipto tiene buena respuesta de adaptación a la región pero esta susceptible a las heladas, y presenta síntomas de clorosis por la presencia de carbonatos de calcio en el suelo.
- c) El ciprés canadiense no presento buena adaptación a la región ya que de cuatro (repeticiones) árboles plantados inicialmente solo uno sobrevive y todavía esta en proceso de adaptación.
- d) De acuerdo con el incremento en el diámetro de tronco y comparación de medias las especies con mejor adaptación son: Pirul, Eucalipto, C. Arizona, Fresno, C. Canadiense, seguidos por las otras especies.
- e) El establecimiento de las especies contribuyo a la reaparición de diferentes gramíneas y otras plantas en el área de establecimiento de las mismas, indicando rehabilitación del monte.
- f) Las dos variedades de pinos establecidas (grejis y piñonero) están presentando buena respuesta de adaptación solo que su desarrollo se ha visto afectado por algunos periodos de sequía muy fuertes.
- g) El suelo es muy delgado y contribuye muy poco en la adaptación de las especies ya que contiene grandes cantidades de carbonatos de calcio y grava en su perfil contribuyendo a aumentar la percolación del agua.

- h) El régimen pluviométrico de la región es apto para el establecimiento de las especies seleccionadas ya que contribuye a recargar constantemente la humedad del suelo, contribuyendo al buen desarrollo de las especies.
- i) No hay mucha pérdida de suelo por escurrimientos ya que las precipitaciones que se presentan en su gran mayoría no producen escurrimiento erosivo solo contribuyen a la recarga de la humedad.
- j) El software SMADA es una gran herramienta de apoyo para el análisis de tormentas y en la determinación de los volúmenes de escurrimiento.
- k) El análisis de curvas probabilísticas proporciona una gran ayuda para comprender el comportamiento de la disponibilidad de agua y en que periodos se va a presentar.

## RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda la instalación de más aparatos de medición meteorológica.
- b) La construcción e instalación de un aforador automático para corroborar la eficiencia del software y el método del S.C.S.
- c) Diseño y construcción de un depósito para la captación de los escurrimientos superficiales.
- d) La continuación del trabajo, para obtener mayor información sobre el área de estudio y las especies establecidas.
- e) Establecimiento de más áreas experimentales, donde se controlen las pérdidas de humedad por evaporación.
- f) Bajo condiciones específicas se recomienda el establecimiento de mezquites en programas de rehabilitación de agostaderos, ya que mejora la fertilidad del suelo, permitiendo incrementar el número y vigor de gramíneas forrajeras. Así mismo, esta planta es importante en la dieta del ganado, principalmente durante la época de sequía, representando una fuente importante de proteína.
- g) En arboricultura urbana se cultiva con fines ornamentales como árbol de sombra. Los mezquites son generosos para programas de reforestación urbana por ser nativa y ecológicamente adaptada a nuestro medio, se considera como una especie de "primera categoría" para superficies urbanas en zonas áridas. Es recomendable plantarlo en espacios amplios, en parques, camellones y extensos jardines ya que un árbol adulto se caracteriza por tener una raíz que puede penetrar hasta 50 m de profundidad en búsqueda de agua.

- h) Los encinos son árboles idóneos para las reforestaciones urbanas, ya que su lento crecimiento evita las interferencias con el cableado aéreo de las calles.
- i) En el momento de plantar el suelo debe estar húmedo hasta una profundidad de 35 cm., cuando menos. Plante solo cuando el suelo este húmedo y hay buenas posibilidades de que va a continuar así.
- j) La mejor época de plantación es, entre la fecha de inicio de las lluvias y cuando ya han caído dos tercios del promedio anual de precipitación del sitio. No plante después, porque las plantas no van a poder establecerse ni entrar en reposo, lo que las hará susceptibles al estrés.
- k) Si hay la posibilidad de aplicar algún riego de auxilio hacerlo sobre todo si la sequía ha sido muy prolongada o durante los primeros meses de plantación.
- l) Nunca plante si hay rocas, arbustos competidores o pozos de tusas.
- m) Las cepas para plantar deben ser lo suficientemente profundas y anchas para que la raíz quepa holgadamente, las paredes de la cepa no deben quedar selladas ni enjarradas.
- n) Mucha gente que realiza plantaciones cree que su labor termina al momento de terminar la plantación. La mayoría ni se entera de lo que ocurre después. Hasta el 70% de las plantas pueden morir por este abandono. Aunque todo se aya hecho correctamente hasta ese momento, sus esfuerzos serán inútiles, si usted no da protección y mantenimiento a su plantación.

- o) El material que se va a plantar debe de estar sano y vigoroso con un grosor al nivel del cuello de más de 5mm. estas son unas de las características principales que se deben de tomar en cuenta a la hora de adquirir la plántula, esto ayuda a que tenga una mayor resistencia al factor clima.
  
- p) Al transportar las plantas evite cogerlas del tallo o apretarlas por el envase, evite por todos los medios la perdida de humedad. Protéjalas contra el sol y el viento.
  
- q) El resultado de esta selección natural de especies es la adaptación de cada árbol a su medio ambiente, y el aumento de las posibilidades de supervivencia y reproducción.
  
- r) Incorporar en la cepa algún material mejorador de suelo y polímeros granulados para aumentar la capacidad de retención de humedad. También la incorporación de materia orgánica (estiércol, composta), para mejorar la estructura del suelo.

**BIBLIOGRAFIA:**

- Anderson Z. C. A. 1987. Coeficiente y Eficiencia de Cosecha de Agua de Lluvia en microcuencas tratadas con inductores de escurrimiento. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Irrigación. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Botello P. J. J. 1985. Simulación de volúmenes de escurrimiento en cuencas no instrumentadas. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Irrigación. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Brooks. K. N. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Library of congress cataloging-in-Publications data. Iowa State University, 355 pp.
- Capo A. M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones Forestales: Los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.177pp.
- Carrales G. H. 1983.Establecimiento de un huerto de durazno (*Prunos Persicae*) con agua de escurrimiento de una pequeña cuenca hidrológica y el control de la evaporación directa mediante materiales de cobertura del suelo. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Irrigación. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Carrete G. R. E. 1984. Establecimiento de un huerto de manzano (*mallus domestico mill*) captando agua de lluvia "in situ" mediante el uso de microcuencas. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Irrigación. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- García E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía UNAM. México DF. 246 pp.
- Gavande G. R. 1982. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Ed. Limusa. México. 351 pp.
- Kazmann G. Rápale. 1975. Hidrología Moderna. Ed. Continental. México DF. 420 pp.
- Custodio E y Llamas M. R. 1983. Hidrología subterránea. Ed. Omega, tomo 1. España. 1157 pp.
- Linsley K. R. 1980. Hidrología para Ingenieros. Ed. Mc Graw Hill. 2da Edición. España. 350 pp.
- López C. F. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión.TRAGSA, Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 895 pp.



Muñoz C. S. 2000. Apuntes de Hidrología superficial. UAAAN. Buenavista Saltillo México.

Narro F. E. 1994. Física de Suelos. Ed. Trillas. México. 184 pp.

Puebla D. J. 1986. Interacción de inductores de escurrimiento y retardadores de evaporación en microcuencas. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Irrigación. UAAAN, Saltillo, Coahuila.

Rodríguez Toriz Félix. 1981. Elementos del Esgurrimiento Superficial. Departamento de Irrigación UACH. Chapingo, México. 222 pp.

Robles Ramos Ramiro. 1948. La Desertización de la Republica Mexicana. México DF. 67 pp.

Salinas G. H. 1991. Taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación. SARH e INIFAP.

Singh P. V. 1982. Rainfall – Runoff relationship. Department of civil Engineering Lousiana State University. Edit. Book crafters, Inc. 565 pp.

Wanielista M. P. 1990. Hydrology and water quantity control. Wiley and sons; inc. 1 edition. New York U. S. A.

[www.semarnat.gob.mx/pfnm3](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm3)

[www.granada.org/internet/arboles.nsf/bus/42?OpenDocument](http://www.granada.org/internet/arboles.nsf/bus/42?OpenDocument)

[www.biodiversity.uno.edu/delta/wood/spanish/www/melmeaze.htm](http://www.biodiversity.uno.edu/delta/wood/spanish/www/melmeaze.htm)

[www.floraguide.es/arboles/Cupressusarizonica.htm](http://www.floraguide.es/arboles/Cupressusarizonica.htm)

[www.iastate.edu/~bot356/species/species/a\\_eSpecie/CuprAriz.html](http://www.iastate.edu/~bot356/species/species/a_eSpecie/CuprAriz.html)

[www.maderas.com/eucalip-car.htm](http://www.maderas.com/eucalip-car.htm)

[www.geocities.com/bonsaibuy/eucalipt.htm](http://www.geocities.com/bonsaibuy/eucalipt.htm)

[www.galeon.com/tigre/textos/flora/eucalipto.htm](http://www.galeon.com/tigre/textos/flora/eucalipto.htm)

[www.infoagro.com/olivo/olivo.asp](http://www.infoagro.com/olivo/olivo.asp)

[www.cnrit.tamu.edu/cgrm/whatzhot/laredo/spangonzalez.html](http://www.cnrit.tamu.edu/cgrm/whatzhot/laredo/spangonzalez.html)

[www.conabio.gob.mx/arboles/pdfespecies/46-legum44m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/arboles/pdfespecies/46-legum44m.pdf)

[www.plazasol.uson.mx/iesa/revista/11/mezquite.htm](http://www.plazasol.uson.mx/iesa/revista/11/mezquite.htm)

[www.semarnat.gob.mx/pfnm3/fichas/celtis\\_pallida.htm](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm3/fichas/celtis_pallida.htm)

[www.nativeplantproject.tripod.com/granjeno.htm](http://www.nativeplantproject.tripod.com/granjeno.htm)

[www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_080.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_080.pdf)

[www.unesco.org.uy/phi/libros/histagua/frame.html](http://www.unesco.org.uy/phi/libros/histagua/frame.html)

[www.geocities.com/gsilvam/dreanaje.htm](http://www.geocities.com/gsilvam/dreanaje.htm)

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/38-legum4m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/38-legum4m.pdf)

[www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/53-oleac1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/árboles/pdfespecies/53-oleac1m.pdf)

**APENDICE A**

Tabla A.1 Temperaturas registradas en Arteaga, Coahuila

| <b>mes</b> | <b>T media mensual<br/>°C</b> | <b>T máxima mensual<br/>°C</b> | <b>T mínima mensual<br/>°C</b> |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Enero      | 18.4                          | 28.8                           | 8                              |
| Febrero    | 20.7                          | 31.2                           | 10.2                           |
| Marzo      | 21.2                          | 30.9                           | 11.5                           |
| Abril      | 24.9                          | 36.1                           | 13.7                           |
| Mayo       | 26.3                          | 37.5                           | 15.1                           |
| Junio      | 26                            | 36.4                           | 15.6                           |
| Julio      | 25.4                          | 35.5                           | 15.3                           |
| Agosto     | 25                            | 34.9                           | 15.1                           |
| Septiembre | 23.2                          | 32.4                           | 14                             |
| Octubre    | 23                            | 32.8                           | 13.3                           |
| Noviembre  | 20.3                          | 29.9                           | 10.7                           |
| Diciembre  | 19.4                          | 28.9                           | 9.9                            |

Tabla A.2 Distribución mensual de la precipitación en Arteaga, Coahuila

| <b>Mes</b> | <b>Precipitación mm</b> |
|------------|-------------------------|
| Enero      | 9.6                     |
| Febrero    | 10.5                    |
| Marzo      | 6.6                     |
| Abril      | 13.9                    |
| Mayo       | 24.2                    |
| Junio      | 43.2                    |
| Julio      | 55.6                    |
| Agosto     | 55.5                    |
| Septiembre | 62.7                    |
| Octubre    | 30.2                    |
| Noviembre  | 11.5                    |
| Diciembre  | 15.3                    |

Tabla A.3. Determinación de la Capacidad de infiltración por el método de Horton

| T acumulado | Delta t en hras | Delta f en cm. | f teo. cm./hr. | f teo. pulg./hr. | f cal. cm./hr. | f cal. pulg./hr. |
|-------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| 0.033       | 0.033           | 1              | 30.30          | 11.92            | 27.67          | 10.89            |
| 0.083       | 0.05            | 1              | 20             | 7.87             | 20.56          | 8.09             |
| 0.133       | 0.05            | 1              | 20             | 7.87             | 20.56          | 8.09             |
| 0.199       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.265       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.331       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.397       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.463       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.529       | 0.066           | 1              | 15.15          | 5.96             | 15.55          | 6.12             |
| 0.612       | 0.083           | 1              | 12.05          | 4.74             | 11.56          | 4.55             |
| 0.695       | 0.083           | 1              | 12.05          | 4.74             | 11.56          | 4.55             |
| 0.778       | 0.083           | 1              | 12.05          | 4.74             | 11.56          | 4.55             |

|            |              |               |            |              |                  |
|------------|--------------|---------------|------------|--------------|------------------|
| <b>fo=</b> | <b>27.67</b> | <b>cm/hra</b> | <b>fo=</b> | <b>10.89</b> | <b>pulg./hra</b> |
| <b>fc=</b> | <b>11.56</b> | <b>cm/hra</b> | <b>fc=</b> | <b>4.55</b>  | <b>pulg./hra</b> |
| <b>K=</b>  | <b>17.5</b>  |               | <b>K=</b>  | <b>17.5</b>  |                  |

Tabla A.4 Precipitaciones acumuladas en los 4 años de estudio

| <b>año</b> | <b>1999</b>        | <b>2000</b>        | <b>2001</b>        | <b>2002</b>        | <b>50%</b>         |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Mes</b> | <b>PP<br/>(mm)</b> | <b>PP<br/>(mm)</b> | <b>PP<br/>(mm)</b> | <b>PP<br/>(mm)</b> | <b>PP<br/>(mm)</b> |
| Enero      | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Febrero    | 0                  | 0                  | 25.4               | 14                 | 9.85               |
| Marzo      | 0                  | 37                 | 27                 | 2                  | 16.5               |
| Abril      | 10                 | 0                  | 0                  | 23.5               | 8.375              |
| Mayo       | 0                  | 35                 | 0                  | 44.1               | 19.78              |
| Junio      | 203.2              | 60.4               | 0                  | 49.4               | 78.25              |
| Julio      | 15                 | 20                 | 12.7               | 75.85              | 30.89              |
| Agosto     | 43                 | 12                 | 12                 | 17                 | 21                 |
| Septiembre | 3                  | 0                  | 0                  | 164.4              | 41.85              |
| Octubre    | 0                  | 88.9               | 0                  | 12.5               | 25.35              |
| Noviembre  | 0                  | 0                  | 15                 | 0                  | 3.75               |
| Diciembre  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Total =    | 274.2              | 253.3              | 92.1               | 402.75             | 255.59             |

Tabla A.5. Evapotranspiración registrada en Arteaga, Coahuila

| <b>mes</b> | <b>Eto mm/mes</b> |
|------------|-------------------|
| Enero      | 100.95            |
| Febrero    | 110.87            |
| Marzo      | 134.60            |
| Abril      | 170.80            |
| Mayo       | 199.38            |
| Junio      | 194.60            |
| Julio      | 192.53            |
| Agosto     | 180.83            |
| Septiembre | 149.81            |
| Octubre    | 143.74            |
| Noviembre  | 111.92            |
| Diciembre  | 105.79            |

Tabla A.6 Registro de datos de Precipitación diarios en la cuenca

| <b>Fecha</b> | <b>P(mm)</b> | <b>P(pulg)</b> | <b>fecha</b> | <b>P(mm)</b> | <b>P(pulg)</b> | <b>fecha</b> | <b>P(mm)</b> | <b>P(pulg)</b> |
|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| 24-Abr-99    | 5            | 0.20           | 28-Jul-00    | 5            | 0.20           | 17-Abr-02    | 12           | 0.47           |
| 25-Abr-99    | 5            | 0.20           | 05-Ago-00    | 12           | 0.47           | 15-May-02    | 12.7         | 0.5            |
| 17-Jun-99    | 101.6        | 4              | 10-Oct-00    | 25.4         | 1              | 17-May-02    | 25.4         | 1              |
| 19-Jun-99    | 101.6        | 4              | 15-Oct-00    | 12.7         | 0.5            | 27-May-02    | 6            | 0.24           |
| 21-Jul-99    | 5            | 0.20           | 18-Oct-00    | 25.4         | 1              | 10-Jun-02    | 12           | 0.47           |
| 23-Jul-99    | 10           | 0.39           | 23-Oct-00    | 25.4         | 1              | 11-Jun-02    | 12           | 0.47           |
| 09-Ago-99    | 5            | 0.20           | 02-Feb-01    | 25.4         | 1              | 28-Jun-02    | 25.4         | 1              |
| 24-Ago-99    | 10           | 0.39           | 02-Mar-01    | 15           | 0.59           | 03-Jul-02    | 12.7         | 0.5            |
| 25-Ago-99    | 25           | 0.98           | 26-Mar-01    | 12           | 0.47           | 10-Jul-02    | 57.15        | 2.25           |
| 29-Ago-99    | 3            | 0.12           | 19-Jul-01    | 12.7         | 0.5            | 24-Jul-02    | 6            | 0.24           |
| 05-Sep-99    | 3            | 0.12           | 27-Ago-01    | 12           | 0.47           | 05-Ago-02    | 2            | 0.08           |
| 01-Mar-00    | 12           | 0.47           | 17-Nov-01    | 6            | 0.24           | 10-Ago-02    | 15           | 0.59           |
| 04-Mar-00    | 10           | 0.39           | 18-Nov-01    | 3            | 0.12           | 03-Sep-02    | 12           | 0.4724         |
| 22-Mar-00    | 15           | 0.59           | 19-Nov-01    | 3            | 0.12           | 10-Sep-02    | 25.4         | 1              |
| 26-May-00    | 35           | 1.38           | 20-Nov-01    | 3            | 0.12           | 11-Sep-02    | 25.4         | 1              |
| 03-Jun-00    | 30           | 1.18           | 11-Feb-02    | 2            | 0.08           | 5-Oct-02     | 12.7         | 0.5            |
| 24-Jun-00    | 25.4         | 1              | 13-Feb-02    | 12           | 0.47           |              |              |                |
| 28-Jun-00    | 5            | 0.20           | 23-Mar-02    | 2            | 0.08           |              |              |                |
| 07-Jul-00    | 3            | 0.12           | 09-Abr-02    | 7.5          | 0.30           |              |              |                |
| 08-Jul-00    | 12           | 0.47           | 14-Abr-02    | 4            | 0.16           |              |              |                |

Tabla A.7. Análisis de distribución Log Normal para la precipitación mensual en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| punto numero | probabilidad de Weibull % | Tr (años) | valor actual | valor ajustado | Error <sup>2</sup> |
|--------------|---------------------------|-----------|--------------|----------------|--------------------|
| 1            | 7.69                      | 13        | 78.2500      | 54.7197        | 570.86             |
| 2            | 15.38                     | 6.5       | 41.8500      | 41.8368        | 1.12               |
| 3            | 23.08                     | 4.33      | 30.9000      | 33.9829        | 3.56               |
| 4            | 30.77                     | 3.25      | 25.3500      | 28.1400        | 2.64               |
| 5            | 38.46                     | 2.60      | 21.0000      | 23.3593        | 1.73               |
| 6            | 46.15                     | 2.17      | 19.8000      | 19.2089        | 2.11               |
| 7            | 53.85                     | 1.86      | 16.5000      | 15.4429        | 2.89               |
| 8            | 61.54                     | 1.63      | 9.8500       | 11.8838        | 2.79               |
| 9            | 69.23                     | 1.44      | 8.3800       | 8.3910         | 0.00               |
| 10           | 76.92                     | 1.30      | 3.7500       | 4.8074         | 2.09               |
| 11           | 84.62                     | 1.18      | 0.00         | 0.8815         | 3.28               |
| 12           | 92.31                     | 1.08      | 0.00         | -4.022         | 5.20               |

Media = 21.302 Desv.= 21.977 C asime = 1.704 error =24.5

Tabla A.8. Análisis de distribución Log Normal para la precipitación diaria en los 4 años de estudio en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

| Punto numero | probabilidad de Weibull % | Tr (años) | valor actual | valor ajustado | Error <sup>2</sup> |
|--------------|---------------------------|-----------|--------------|----------------|--------------------|
| 1            | 1.75                      | 57.00     | 101.6000     | 87.6733        | 171.85             |
| 2            | 3.51                      | 28.50     | 101.6000     | 69.8124        | 1015.37            |
| 3            | 5.26                      | 19.00     | 101.6000     | 60.0290        | 1748.56            |
| 4            | 7.02                      | 14.25     | 57.1500      | 53.3627        | 16.52              |
| 5            | 8.77                      | 11.40     | 50.8000      | 48.3392        | 7.63               |
| 6            | 10.53                     | 9.50      | 35.0000      | 44.3245        | 80.53              |
| 7            | 12.28                     | 8.14      | 30.0000      | 40.9893        | 113.14             |
| 8            | 14.04                     | 7.13      | 25.4000      | 38.1412        | 153.64             |
| 9            | 15.79                     | 6.33      | 25.4000      | 35.6587        | 97.91              |
| 10           | 17.54                     | 5.70      | 25.4000      | 33.4598        | 59.29              |
| 11           | 19.30                     | 5.18      | 25.4000      | 31.4871        | 33.05              |
| 12           | 21.05                     | 4.75      | 25.4000      | 29.6984        | 15.73              |
| 13           | 22.81                     | 4.38      | 25.4000      | 28.0625        | 5.45               |
| 14           | 24.56                     | 4.07      | 25.4000      | 26.5549        | 0.71               |
| 15           | 26.32                     | 3.80      | 25.0000      | 25.1566        | 0.02               |
| 16           | 28.07                     | 3.56      | 15.0000      | 23.8525        | 73.46              |
| 17           | 29.82                     | 3.35      | 15.0000      | 22.6302        | 54.04              |
| 18           | 31.58                     | 3.17      | 15.0000      | 21.4794        | 38.66              |
| 19           | 33.33                     | 3.00      | 12.7000      | 20.3917        | 55.59              |



|    |       |      |         |         |       |
|----|-------|------|---------|---------|-------|
| 20 | 35.09 | 2.85 | 12.7000 | 19.3599 | 41.26 |
| 21 | 36.84 | 2.71 | 12.7000 | 18.3780 | 29.78 |
| 22 | 38.60 | 2.59 | 12.7000 | 17.4408 | 20.61 |
| 23 | 40.35 | 2.48 | 12.5000 | 16.5438 | 14.83 |
| 24 | 42.11 | 2.38 | 12.0000 | 15.6830 | 12.30 |
| 25 | 43.86 | 2.28 | 12.0000 | 14.8550 | 7.23  |
| 26 | 45.61 | 2.19 | 12.0000 | 14.0567 | 3.66  |
| 27 | 47.37 | 2.11 | 12.0000 | 13.2855 | 1.33  |
| 28 | 49.12 | 2.04 | 12.0000 | 12.5388 | 0.18  |
| 29 | 50.88 | 1.97 | 12.0000 | 11.8142 | 0.08  |
| 30 | 52.63 | 1.90 | 12.0000 | 11.1096 | 0.95  |
| 31 | 54.39 | 1.84 | 12.0000 | 10.4227 | 2.73  |
| 32 | 56.14 | 1.78 | 12.0000 | 9.7521  | 5.29  |
| 33 | 57.89 | 1.73 | 12.0000 | 9.0960  | 8.66  |
| 34 | 59.65 | 1.68 | 10.0000 | 8.4532  | 2.46  |
| 35 | 61.40 | 1.63 | 10.0000 | 7.8221  | 4.77  |
| 36 | 63.16 | 1.58 | 10.0000 | 7.2014  | 7.75  |
| 37 | 64.91 | 1.54 | 7.5000  | 6.5899  | 0.77  |
| 38 | 66.67 | 1.50 | 6.0000  | 5.9862  | 0.00  |
| 39 | 68.42 | 1.46 | 6.0000  | 5.3890  | 0.29  |
| 40 | 70.18 | 1.42 | 6.0000  | 4.7970  | 1.23  |
| 41 | 71.93 | 1.39 | 5.0000  | 4.2089  | 0.46  |
| 42 | 73.68 | 1.36 | 5.0000  | 3.6231  | 1.55  |
| 43 | 75.44 | 1.33 | 5.0000  | 3.0380  | 3.26  |
| 44 | 77.19 | 1.30 | 5.0000  | 2.4520  | 5.60  |
| 45 | 78.95 | 1.27 | 5.0000  | 1.8630  | 8.61  |
| 46 | 80.70 | 1.24 | 5.0000  | 1.2688  | 12.28 |
| 47 | 82.46 | 1.21 | 4.0000  | 0.6666  | 9.47  |
| 48 | 84.21 | 1.19 | 3.0000  | 0.0531  | 7.09  |
| 49 | 85.96 | 1.16 | 3.0000  | -0.5760 | 10.68 |
| 50 | 87.72 | 1.14 | 3.0000  | -1.2263 | 15.10 |
| 51 | 89.47 | 1.12 | 3.0000  | -1.9055 | 20.52 |
| 52 | 91.23 | 1.10 | 3.0000  | -2.6250 | 27.21 |
| 53 | 92.98 | 1.08 | 3.0000  | -3.4024 | 35.40 |
| 54 | 94.74 | 1.06 | 2.0000  | -4.2685 | 33.21 |
| 55 | 96.49 | 1.04 | 2.0000  | -5.2868 | 45.21 |
| 56 | 98.25 | 1.02 | 2.0000  | -6.6348 | 63.90 |

Media = 21.302

Desv = 21.977

C asim = 1.704

error = 24.5

Tabla A.9. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 4 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.816        | 0.816          | 0.816                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 1.840        | 2.656          | 1.382                | 0.458          | 9.127           | 5.386            |
| 0.750        | 00045        | 0.776        | 3.432          | 0.000                | 0.776          | 15.456          | 13.536           |
| 1.000        | 00100        | 0.568        | 4.000          | 0.000                | 0.568          | 11.313          | 13.358           |
| 1.250        | 00115        | 0.000        | 4.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 4.269            |
| 1.500        | 00130        | 0.000        | 4.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.769          |

4.000      2.198      1.802      1.796

Totals for Watershed in inches over 4.94 acres

Rational Coefficient = 0.451    Peak Flow (cfs) = 13.54

Tabla A.10. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 0.98 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C<br>Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.114        | 0.114             | 0.114                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.303        | 0.417             | 0.303                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.234        | 0.651             | 0.234                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.000        | 00100        | 0.133        | 0.784             | 0.133                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.250        | 00115        | 0.106        | 0.890             | 0.106                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.500        | 00130        | 0.090        | 0.980             | 0.000                | 0.090          | 1.781           | 1.052            |
| 1.750        | 00145        | 0.000        | 0.980             | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 0.861            |
| 2.000        | 00200        | 0.000        | 0.980             | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.156          |

0.980      0.890      0.090      0.089

Totals for Watershed in inches over 4.90 acres

Rational Coefficient = 0.092    Peak Flow (cfs) = 01.05

Tabla A.11. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1.370 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.159        | 0.159          | 0.159                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.423        | 0.582          | 0.423                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.327        | 0.910          | 0.327                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.000        | 00100        | 0.186        | 1.096          | 0.000                | 0.186          | 3.681           | 2.174            |
| 1.250        | 00115        | 0.148        | 1.244          | 0.000                | 0.148          | 2.923           | 3.506            |
| 1.500        | 00130        | 0.126        | 1.370          | 0.000                | 0.126          | 2.490           | 2.562            |
| 1.750        | 00145        | 0.000        | 1.370          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 1.007            |
| 2.000        | 00200        | 0.000        | 1.370          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.182          |

1.370      0.910      0.460      0.459

Totals for Watershed in inches over 4.90 acres

Rational Coefficient = 0.336    Peak Flow (cfs) = 03.51

Tabla A.12. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1.180 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.137        | 0.137          | 0.159                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.365        | 0.502          | 0.423                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.282        | 0.784          | 0.327                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.000        | 00100        | 0.160        | 0.944          | 0.000                | 0.186          | 3.681           | 2.174            |
| 1.250        | 00115        | 0.127        | 1.071          | 0.000                | 0.148          | 2.923           | 3.506            |
| 1.500        | 00130        | 0.109        | 1.180          | 0.000                | 0.126          | 2.490           | 2.562            |
| 1.750        | 00145        | 0.000        | 1.180          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 1.007            |
| 2.000        | 00200        | 0.000        | 1.180          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.182          |

1.180      0.910      0.460      0.459

Totals for Watershed in inches over 4.90 acres

Rational Coefficient = 0.229    Peak Flow (cfs) = 03.51

Tabla A.13. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 1 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.116        | 0.116          | 0.116                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.309        | 0.425          | 0.309                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.239        | 0.664          | 0.239                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.000        | 00100        | 0.136        | 0.800          | 0.136                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 1.250        | 00115        | 0.108        | 0.908          | 0.000                | 0.108          | 2.134           | 1.260            |
| 1.500        | 00130        | 0.092        | 1.000          | 0.000                | 0.092          | 1.818           | 2.105            |
| 1.750        | 00145        | 0.000        | 1.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 0.692            |
| 2.000        | 00200        | 0.000        | 1.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.125          |

1.000      0.800      0.200      0.199

Totals for Watershed in inches over 4.90 acres

Rational Coefficient = 0.200    Peak Flow (cfs) = 02.11

Tabla A.14. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 2.250 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.261        | 0.261          | 0.261                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.695        | 0.956          | 0.695                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.538        | 1.494          | 0.000                | 0.538          | 10.624          | 6.274            |
| 1.000        | 00100        | 0.306        | 1.800          | 0.000                | 0.306          | 6.046           | 8.708            |
| 1.250        | 00115        | 0.243        | 2.043          | 0.000                | 0.243          | 4.801           | 4.828            |
| 1.500        | 00130        | 0.207        | 2.250          | 0.000                | 0.207          | 4.090           | 4.376            |
| 1.750        | 00145        | 0.000        | 2.250          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 1.623            |
| 2.000        | 00200        | 0.000        | 2.250          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.294          |

2.250      0.956      1.293      1.291

Totals for Watershed in inches over 4.90 acres  
 Rational Coefficient = 0.575 Peak Flow (cfs) = 08.71

Tabla A.15. Hidrograma Escurrimiento base generado por lluvias de 2 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| Time<br>(hr) | Time<br>HHMM | Rain<br>(in) | C Rain<br>(in) | Infiltration<br>(in) | Excess<br>(in) | Excess<br>(cfs) | Outflow<br>(cfs) |
|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 0.250        | 00015        | 0.408        | 0.408          | 0.408                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.500        | 00030        | 0.920        | 1.328          | 0.920                | 0.000          | 0.000           | 0.000            |
| 0.750        | 00045        | 0.388        | 1.716          | 0.000                | 0.388          | 7.728           | 4.560            |
| 1.000        | 00100        | 0.284        | 2.000          | 0.000                | 0.284          | 5.657           | 7.077            |
| 1.250        | 00115        | 0.000        | 2.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | 2.063            |
| 1.500        | 00130        | 0.000        | 2.000          | 0.000                | 0.000          | 0.000           | - 0.372          |

2.000      1.328      0.672      0.669

Totals for Watershed in inches over 4.94 acres  
 Rational Coefficient = 0.336 Peak Flow (cfs) = 07.08

Tabla A.16. Altura Observada el 28 de noviembre del 2001 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |     |      | <b>Altura Media<br/>(mts)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|-----|------|-------------------------------|
| C. Arizona      | 1.56                | 1.47 | 1.67 | 1.8  | 1.95 | 1.4  | 1.3 | 1.14 | <b>1.54</b>                   |
| C. Canadiense   | 1.6                 | 1    | 1.3  |      |      |      |     |      | <b>1.30</b>                   |
| Pino Piñonero   | 0.68                | 1.15 | 1.1  |      |      |      |     |      | <b>0.98</b>                   |
| Pino Gregi      | 0.48                | 0.55 | 0.54 | 0.56 | 0.6  |      |     |      | <b>0.54</b>                   |
| Fresno          | 2.4                 | 2.3  | 0.65 | 1.85 |      |      |     |      | <b>1.80</b>                   |
| Eucalipto       | 2.7                 | 2.1  | 1.3  |      |      |      |     |      | <b>2.03</b>                   |
| Pirul           | 0.47                | 2.4  | 1.6  | 1.54 | 1.9  | 2.5  |     |      | <b>1.74</b>                   |
| Mezquite        | 0.4                 | 0.6  |      |      |      |      |     |      | <b>0.50</b>                   |
| Varias          | 0.4                 | 0.85 | 0.92 | 0.7  | 0.33 | 0.75 | 0.7 | 1.7  | <b>0.80</b>                   |

Tabla A.17. Altura Observada en Febrero del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |     |      | <b>Altura Media (mts)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|-----|------|---------------------------|
| C. Arizona      | 1.56                | 1.47 | 1.7  | 1.8  | 1.95 | 1.4  | 1.3 | 1.14 | <b>1.55</b>               |
| C. Canadiense   | 1.65                | 1.2  | 1.4  |      |      |      |     |      | <b>1.42</b>               |
| Pino Piñonero   | 0.68                | 1.2  | 1.15 |      |      |      |     |      | <b>1.01</b>               |
| Pino Gregi      | 0.48                | 0.55 | 0.54 | 0.56 | 0.6  |      |     |      | <b>0.54</b>               |
| Fresno          | 2.4                 | 2.3  | 0.65 | 1.9  |      |      |     |      | <b>1.81</b>               |
| Eucalipto       | 2.7                 | 2.3  | 1.3  |      |      |      |     |      | <b>2.10</b>               |
| Pirul           | 0.9                 | 2.4  | 1.6  | 1.8  | 2.1  | 2.65 |     |      | <b>1.90</b>               |
| Mezquite        | 0.4                 | 0.6  |      |      |      |      |     |      | <b>0.50</b>               |
| Varias          | 0.4                 | 0.85 | 0.92 | 0.75 | 0.33 | 0.95 | 0.7 | 1.75 | <b>0.83</b>               |

Tabla A.18. Altura Observada el 9 de Agosto del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |     |      |      | <b>Altura Media (mts)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|-----|------|------|---------------------------|
| C. Arizona      | 1.65                | 1.47 | 1.7  | 1.8  | 2.1  | 1.4 | 1.54 | 1.2  | <b>1.61</b>               |
| C. Canadiense   | *                   | *    | 1.44 |      |      |     |      |      | <b>1.44</b>               |
| Pino Piñonero   | 0.68                | 1.2  | 1.15 |      |      |     |      |      | <b>1.01</b>               |
| Pino Gregi      | *                   | 0.55 | 0.64 | 0.64 | 0.63 |     |      |      | <b>0.64</b>               |
| Fresno          | 2.4                 | 2.3  | 0.65 | 2    |      |     |      |      | <b>1.89</b>               |
| Eucalipto       | 2.7                 | 2.3  | *    |      |      |     |      |      | <b>2.50</b>               |
| Pirul           | 0.9                 | 2.4  | 1.74 | 2.22 | 2.1  | 2.7 |      |      | <b>2.10</b>               |
| Mezquite        | 0.56                | 0.7  |      |      |      |     |      |      | <b>0.63</b>               |
| Varias          | 0.4                 | 0.88 | 1.04 | 0.75 | 0.5  | 1.1 | 0.85 | 1.75 | <b>0.91</b>               |

Tabla A.19. Altura Observada el 5 de Octubre del 2002 en las Especies establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |      |     | <b>Altura Media (mts)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|-----|---------------------------|
| C. Arizona      | *                   | 1.47 | 1.95 | 1.82 | 2.4  | 1.6  | 1.75 | 1.2 | <b>1.74</b>               |
| C. Canadiense   | *                   | *    | 1.53 |      |      |      |      |     | <b>1.53</b>               |
| Pino Piñonero   | 0.7                 | 1.2  | 1.15 |      |      |      |      |     | <b>1.01</b>               |
| Pino Gregi      | *                   | 0.55 | 0.64 | 0.64 | 0.75 |      |      |     | <b>0.64</b>               |
| Fresno          | 2.5                 | 2.3  | 0.9  | 2.1  |      |      |      |     | <b>1.95</b>               |
| Eucalipto       | 2.75                | 2.3  | *    |      |      |      |      |     | <b>2.52</b>               |
| Pirul           | 1                   | 2.55 | 2.2  | 2.65 | 2.5  | 3    |      |     | <b>2.31</b>               |
| Mezquite        | 0.75                | 0.7  |      |      |      |      |      |     | <b>0.72</b>               |
| Varias          | 0.4                 | 0.96 | 1.4  | 0.8  | 0.9  | 1.55 | 0.9  | 1.8 | <b>1.09</b>               |

Tabla A.20. Diámetro de Tronco Observado en Febrero del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |      |      | <b>Diámetro Medio (pulg)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|
| C. Arizona      | 0.85                | 0.88 | 1.17 | 0.95 | 1.62 | 1.13 | 0.8  | 0.71 | <b>1.013</b>                 |
| C. Canadiense   | 0.8                 | 1.23 | 1    |      |      |      |      |      | <b>1.008</b>                 |
| Pino Piñonero   | 0.46                | 0.97 | 0.8  |      |      |      |      |      | <b>0.743</b>                 |
| Pino Gregi      | 0.37                | 0.35 | 0.41 | 0.31 | 0.34 |      |      |      | <b>0.358</b>                 |
| Fresno          | 1.22                | 0.9  | 0.34 | 1.41 |      |      |      |      | <b>0.967</b>                 |
| Eucalipto       | 2.22                | 1.17 | 1.33 |      |      |      |      |      | <b>1.568</b>                 |
| Pirul           | 0.63                | 2.44 | 1.21 | 1.18 | 1.3  | 1.78 |      |      | <b>1.422</b>                 |
| Mezquite        | 0.19                | 0.36 |      |      |      |      |      |      | <b>0.276</b>                 |
| Varias          | 0.29                | 0.42 | 0.21 | 0.52 | 0.21 | 0.61 | 0.38 | 0.66 | <b>0.411</b>                 |

Tabla A.21. Diámetro de Tronco Observado el 9 de Agosto del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |      |      | <b>Diámetro Medio (pulg)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|
| C. Arizona      | 0.85                | 0.93 | 1.25 | 1.03 | 1.9  | 1.28 | 0.94 | 0.72 | <b>1.110</b>                 |
| C. Canadiense   | *                   | *    | 1.03 |      |      |      |      |      | <b>1.025</b>                 |
| Pino Piñonero   | 0.51                | 0.99 | 1    |      |      |      |      |      | <b>0.833</b>                 |
| Pino Gregi      | *                   | 0.35 | 0.43 | 0.34 | 0.4  |      |      |      | <b>0.380</b>                 |
| Fresno          | 1.34                | 1.01 | 0.36 | 1.43 |      |      |      |      | <b>1.036</b>                 |
| Eucalipto       | 2.31                | 1.24 | *    |      |      |      |      |      | <b>1.775</b>                 |
| Pirul           | 0.83                | 2.87 | 1.67 | 1.59 | 1.77 | 2.27 |      |      | <b>1.833</b>                 |
| Mezquite        | 0.2                 | 0.41 |      |      |      |      |      |      | <b>0.306</b>                 |
| Varias          | 0.33                | 0.42 | 0.28 | 0.59 | 0.28 | 0.61 | 0.42 | 0.76 | <b>0.461</b>                 |

Tabla A.22. Diámetro de Tronco Observado el 5 de Octubre del 2002 en las Especies Establecidas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |      |      |      |      |      |      |      | <b>Diámetro Medio (pulg)</b> |
|-----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|
| C. Arizona      | *                   | 1.11 | 1.47 | 1.27 | 2.07 | 1.5  | 1.02 | 0.83 | <b>1.325</b>                 |
| C. Canadiense   | *                   | *    | 1.13 |      |      |      |      |      | <b>1.128</b>                 |
| Pino Piñonero   | 0.54                | 1.06 | 1.06 |      |      |      |      |      | <b>0.886</b>                 |
| Pino Gregi      | *                   | 0.4  | 0.48 | 0.43 | 0.56 |      |      |      | <b>0.467</b>                 |
| Fresno          | 1.37                | 1.07 | 0.45 | 1.56 |      |      |      |      | <b>1.113</b>                 |
| Eucalipto       | 2.92                | 1.56 | *    |      |      |      |      |      | <b>1.992</b>                 |
| Pirul           | 1.09                | 3.25 | 2.19 | 1.92 | 2.3  | 2.57 |      |      | <b>2.220</b>                 |
| Mezquite        | 0.21                | 0.44 |      |      |      |      |      |      | <b>0.326</b>                 |
| Varias          | 0.34                | 0.45 | 0.36 | 0.74 | 0.43 | 0.71 | 0.47 | 0.85 | <b>0.542</b>                 |

Tabla A.23. Radio de copa observado el 9 de agosto del 2002 en las especies establecidas en Loma Alta Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |     |    |    |    |     |    |    | <b>Radio de Copa Medio (cms)</b> |
|-----------------|---------------------|-----|----|----|----|-----|----|----|----------------------------------|
|                 |                     |     |    |    |    |     |    |    |                                  |
| C. Arizona      | 30                  | 23  | 55 | 45 | 61 | 40  | 38 | 25 | <b>39.56</b>                     |
| C. Canadiense   | *                   | *   | 46 |    |    |     |    |    | <b>46.00</b>                     |
| Pino Piñonero   | 25                  | 35  | 30 |    |    |     |    |    | <b>30.00</b>                     |
| Pino Gregi      | *                   | 13  | 15 | 13 | 14 |     |    |    | <b>13.70</b>                     |
| Fresno          | 62                  | 60  | 24 | 61 |    |     |    |    | <b>51.65</b>                     |
| Eucalipto       | 55                  | 55  | *  |    |    |     |    |    | <b>55.00</b>                     |
| Pirul           | 55                  | 122 | 52 | 85 | 80 | 120 |    |    | <b>85.70</b>                     |
| Mezquite        | 4                   | 4.2 |    |    |    |     |    |    | <b>4.10</b>                      |
| Varias          | 7                   | 10  | 30 | 18 | 14 | 35  | 42 | 40 | <b>24.50</b>                     |

Tabla A.24. Radio de copa observado el 5 de octubre del 2002 en las especies establecidas en Loma Alta Arteaga, Coahuila.

| <b>Especies</b> | <b>Repeticiones</b> |     |    |    |     |     |    |    | <b>Radio de Copa Medio (cms)</b> |
|-----------------|---------------------|-----|----|----|-----|-----|----|----|----------------------------------|
|                 |                     |     |    |    |     |     |    |    |                                  |
| C. Arizona      | *                   | 27  | 55 | 45 | 65  | 40  | 50 | 25 | <b>43.85</b>                     |
| C. Canadiense   | *                   | *   | 46 |    |     |     |    |    | <b>46.00</b>                     |
| Pino Piñonero   | 25                  | 43  | 30 |    |     |     |    |    | <b>32.70</b>                     |
| Pino Gregi      | *                   | 13  | 19 | 14 | 15  |     |    |    | <b>15.25</b>                     |
| Fresno          | 70                  | 60  | 28 | 62 |     |     |    |    | <b>55.00</b>                     |
| Eucalipto       | 80                  | 55  | *  |    |     |     |    |    | <b>67.50</b>                     |
| Pirul           | 55                  | 135 | 70 | 85 | 105 | 120 |    |    | <b>95.00</b>                     |
| Mezquite        | 6                   | 20  |    |    |     |     |    |    | <b>13.00</b>                     |
| Varias          | 7                   | 20  | 30 | 18 | 25  | 35  | 42 | 55 | <b>29.00</b>                     |



Tabla A.25. Analisis de varianza altura (28/noviembre/2001)

| FV           | GL | SC    | CM   | F    | P>F  |
|--------------|----|-------|------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 10.61 | 1.32 | 5.68 | 0.00 |
| ERROR        | 33 | 7.69  | 0.23 |      |      |
| TOTAL        | 41 | 18.31 |      |      |      |

C.V. = 38.34 %

Tabla A.26. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |     |
|-------------|-------|-----|
| 6           | 2.03  | A   |
| 5           | 1.80  | A   |
| 7           | 1.73  | A   |
| 1           | 1.53  | AB  |
| 2           | 1.30  | ABC |
| 3           | 0.97  | BCD |
| 9           | 0.79  | CD  |
| 4           | 0.54  | D   |
| 8           | 0.50  | D   |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.27. Diferencia mínima significativa altura observada 28/nov/01

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.6655 |
| dms( 9 4 ) = | 0.5604 |
| dms( 9 8 ) = | 0.7771 |
| dms( 4 6 ) = | 0.7179 |
| dms( 4 5 ) = | 0.6594 |
| dms( 4 7 ) = | 0.5952 |
| dms( 4 1 ) = | 0.5604 |
| dms( 4 2 ) = | 0.7179 |
| dms( 4 3 ) = | 0.7179 |
| dms( 4 9 ) = | 0.5604 |
| dms( 4 8 ) = | 0.8224 |
| dms( 8 6 ) = | 0.8973 |
| dms( 8 5 ) = | 0.8513 |
| dms( 8 7 ) = | 0.8026 |
| dms( 8 1 ) = | 0.7771 |
| dms( 8 2 ) = | 0.8973 |
| dms( 8 3 ) = | 0.8973 |
| dms( 8 9 ) = | 0.7771 |
| dms( 8 4 ) = | 0.8224 |

Tabla A.28. Analisis de varianza altura (Febrero/2002)

| FV           | GL | SC    | CM   | F    | P>F   |
|--------------|----|-------|------|------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 11.86 | 1.48 | 6.92 | 0.000 |
| ERROR        | 33 | 7.06  | 0.21 |      |       |
| TOTAL        | 41 | 18.93 |      |      |       |

C.V. = 35.30 %

Tabla A.29. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |     |
|-------------|-------|-----|
| 6           | 2.10  | A   |
| 7           | 1.90  | A   |
| 5           | 1.81  | A   |
| 1           | 1.55  | AB  |
| 2           | 1.41  | ABC |
| 3           | 1.01  | BCD |
| 9           | 0.83  | CD  |
| 4           | 0.54  | D   |
| 8           | 0.50  | D   |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.30. Diferencia mínima significativa altura observada Febrero/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.6377 |
| dms( 9 4 ) = | 0.5370 |
| dms( 9 8 ) = | 0.7447 |
| dms( 4 6 ) = | 0.6879 |
| dms( 4 7 ) = | 0.5704 |
| dms( 4 5 ) = | 0.6319 |
| dms( 4 1 ) = | 0.5370 |
| dms( 4 2 ) = | 0.6879 |
| dms( 4 3 ) = | 0.6879 |
| dms( 4 9 ) = | 0.5370 |
| dms( 4 8 ) = | 0.7881 |
| dms( 8 6 ) = | 0.8599 |
| dms( 8 7 ) = | 0.7691 |
| dms( 8 5 ) = | 0.8158 |
| dms( 8 1 ) = | 0.7447 |
| dms( 8 2 ) = | 0.8599 |
| dms( 8 3 ) = | 0.8599 |
| dms( 8 9 ) = | 0.7447 |
| dms( 8 4 ) = | 0.7881 |

Tabla A.31. Analisis de varianza altura (9/agosto/2002)

| FV           | GL | SC    | CM   | F    | P>F   |
|--------------|----|-------|------|------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 12.87 | 1.60 | 7.49 | 0.000 |
| ERROR        | 29 | 6.22  | 0.21 |      |       |
| TOTAL        | 37 | 19.10 |      |      |       |

C.V. = 33.80 %

Tabla A.32. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |     |
|-------------|-------|-----|
| 6           | 2.50  | A   |
| 7           | 2.01  | AB  |
| 5           | 1.83  | AB  |
| 1           | 1.60  | BC  |
| 2           | 1.44  | BCD |
| 3           | 1.01  | CD  |
| 9           | 0.90  | D   |
| 8           | 0.63  | D   |
| 4           | 0.45  | D   |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A33. Diferencia mínima significativa altura observada 9/agosto/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.6415 |
| dms( 9 8 ) = | 0.7492 |
| dms( 9 4 ) = | 0.5803 |
| dms( 8 6 ) = | 0.9476 |
| dms( 8 7 ) = | 0.7737 |
| dms( 8 5 ) = | 0.8207 |
| dms( 8 1 ) = | 0.7492 |
| dms( 8 2 ) = | 1.1606 |
| dms( 8 3 ) = | 0.8651 |
| dms( 8 9 ) = | 0.7492 |
| dms( 8 4 ) = | 0.8207 |
| dms( 4 6 ) = | 0.8207 |
| dms( 4 7 ) = | 0.6117 |
| dms( 4 5 ) = | 0.6701 |
| dms( 4 1 ) = | 0.5803 |
| dms( 4 2 ) = | 1.0595 |
| dms( 4 3 ) = | 0.7238 |
| dms( 4 9 ) = | 0.5803 |
| dms( 4 8 ) = | 0.8207 |

Tabla A.34. Analisis de varianza altura (5/octubre/2002)

| FV           | GL | SC    | CM   | F    | P>F   |
|--------------|----|-------|------|------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 13.48 | 1.68 | 7.18 | 0.000 |
| ERROR        | 28 | 6.56  | 0.23 |      |       |
| TOTAL        | 36 | 20.05 |      |      |       |

C.V. = 31.85 %

Tabla A.35. resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |    |
|-------------|-------|----|
| 6           | 2.52  | A  |
| 7           | 2.31  | A  |
| 5           | 1.95  | A  |
| 1           | 1.74  | A  |
| 2           | 1.53  | AB |
| 9           | 1.08  | B  |
| 3           | 1.01  | B  |
| 8           | 0.72  | B  |
| 4           | 0.64  | B  |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.36. Diferencia mínima significativa altura observada 5/octubre/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 3 9 ) = | 0.6716 |
| dms( 3 8 ) = | 0.9055 |
| dms( 3 4 ) = | 0.7576 |
| dms( 8 6 ) = | 0.9920 |
| dms( 8 7 ) = | 0.8099 |
| dms( 8 5 ) = | 0.8591 |
| dms( 8 1 ) = | 0.7953 |
| dms( 8 2 ) = | 1.2149 |
| dms( 8 9 ) = | 0.7842 |
| dms( 8 3 ) = | 0.9055 |
| dms( 8 4 ) = | 0.8591 |
| dms( 4 6 ) = | 0.8591 |
| dms( 4 7 ) = | 0.6403 |
| dms( 4 5 ) = | 0.7014 |
| dms( 4 1 ) = | 0.6218 |
| dms( 4 2 ) = | 1.1091 |
| dms( 4 9 ) = | 0.6075 |
| dms( 4 3 ) = | 0.7576 |
| dms( 4 8 ) = | 0.8591 |

Tabla A.37. Análisis de varianza diámetro de tronco (Febrero/2002)

| FV           | GL | SC    | CM    | F    | P>F   |
|--------------|----|-------|-------|------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 7.29  | 0.911 | 7.11 | 0.000 |
| ERROR        | 33 | 4.23  | 0.128 |      |       |
| TOTAL        | 41 | 11.52 |       |      |       |

C.V. = 41.65 %

Tabla A.38. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |    |
|-------------|-------|----|
| 6           | 1.568 | A  |
| 7           | 1.422 | A  |
| 1           | 1.013 | B  |
| 2           | 1.008 | B  |
| 5           | 0.967 | B  |
| 3           | 0.743 | BC |
| 9           | 0.411 | C  |
| 4           | 0.358 | C  |
| 8           | 0.276 | C  |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.39. Diferencia mínima significativa diámetro de tronco observada Febrero/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.4933 |
| dms( 9 4 ) = | 0.4154 |
| dms( 9 8 ) = | 0.5761 |
| dms( 4 6 ) = | 0.5322 |
| dms( 4 7 ) = | 0.4412 |
| dms( 4 1 ) = | 0.4154 |
| dms( 4 2 ) = | 0.5322 |
| dms( 4 5 ) = | 0.4888 |
| dms( 4 3 ) = | 0.5322 |
| dms( 4 9 ) = | 0.4154 |
| dms( 4 8 ) = | 0.6097 |
| dms( 8 6 ) = | 0.6652 |
| dms( 8 7 ) = | 0.5950 |
| dms( 8 1 ) = | 0.5761 |
| dms( 8 2 ) = | 0.6652 |
| dms( 8 5 ) = | 0.6311 |
| dms( 8 3 ) = | 0.6652 |
| dms( 8 9 ) = | 0.5761 |
| dms( 8 4 ) = | 0.6097 |

Tabla A.40. Análisis de varianza diámetro de tronco (9/agosto/2002)

| FV           | GL | SC    | CM   | F      | P>F   |
|--------------|----|-------|------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 10.35 | 1.29 | 7.4907 | 0.000 |
| ERROR        | 29 | 5.009 | 0.17 |        |       |
| TOTAL        | 37 | 15.36 |      |        |       |

C.V. = 42.78 %

Tabla A.41. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA  |    |
|-------------|--------|----|
| 7           | 1.8335 | A  |
| 6           | 1.7750 | AB |
| 1           | 1.1104 | BC |
| 5           | 1.0362 | C  |
| 2           | 1.0250 | CD |
| 3           | 0.8330 | CD |
| 9           | 0.4607 | D  |
| 4           | 0.3802 | D  |
| 8           | 0.3060 | D  |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.42. Diferencia mínima significativa diámetro de tronco observada 9/agosto/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.5754 |
| dms( 9 4 ) = | 0.5205 |
| dms( 9 8 ) = | 0.6720 |
| dms( 4 7 ) = | 0.5486 |
| dms( 4 6 ) = | 0.7361 |
| dms( 4 1 ) = | 0.5205 |
| dms( 4 5 ) = | 0.6010 |
| dms( 4 2 ) = | 0.9503 |
| dms( 4 3 ) = | 0.6492 |
| dms( 4 9 ) = | 0.5205 |
| dms( 4 8 ) = | 0.7361 |
| dms( 8 7 ) = | 0.6940 |
| dms( 8 6 ) = | 0.8500 |
| dms( 8 1 ) = | 0.6720 |
| dms( 8 5 ) = | 0.7361 |
| dms( 8 2 ) = | 1.0410 |
| dms( 8 3 ) = | 0.7759 |
| dms( 8 9 ) = | 0.6720 |
| dms( 8 4 ) = | 0.7361 |

Tabla A.43. Análisis de Varianza diámetro de tronco (5/octubre/2002)

| FV           | GL | SC    | CM    | F     | P>F   |
|--------------|----|-------|-------|-------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 14.87 | 1.85  | 10.15 | 0.000 |
| ERROR        | 28 | 5.12  | 0.183 |       |       |
| TOTAL        | 36 | 20.00 |       |       |       |

C.V. = 37.98 %

Tabla A.44. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |     |
|-------------|-------|-----|
| 7           | 2.22  | A   |
| 6           | 1.99  | AB  |
| 1           | 1.32  | BC  |
| 2           | 1.12  | BCD |
| 5           | 1.11  | BCD |
| 3           | 0.88  | CD  |
| 9           | 0.54  | D   |
| 4           | 0.46  | D   |
| 8           | 0.32  | D   |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

Tabla A.45. Diferencia mínima significativa diámetro de tronco observada 5/octubre/02

|              |        |
|--------------|--------|
| dms( 9 3 ) = | 0.8004 |
| dms( 9 4 ) = | 0.7240 |
| dms( 9 8 ) = | 0.9346 |
| dms( 4 7 ) = | 0.7631 |
| dms( 4 6 ) = | 1.0238 |
| dms( 4 1 ) = | 0.7410 |
| dms( 4 2 ) = | 1.3218 |
| dms( 4 5 ) = | 0.8360 |
| dms( 4 3 ) = | 0.9029 |
| dms( 4 9 ) = | 0.7240 |
| dms( 4 8 ) = | 1.0238 |
| dms( 8 7 ) = | 0.9653 |
| dms( 8 6 ) = | 1.1822 |
| dms( 8 1 ) = | 0.9479 |
| dms( 8 2 ) = | 1.4479 |
| dms( 8 5 ) = | 1.0238 |
| dms( 8 3 ) = | 1.0792 |
| dms( 8 9 ) = | 0.9346 |
| dms( 8 4 ) = | 1.0238 |

Tabla A.46 Analisis de varianza radio de copa (9/agosto/2002)

| FV           | GL | SC       | CM     | F    | P>F   |
|--------------|----|----------|--------|------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 21085.87 | 2635.7 | 9.14 | 0.000 |
| ERROR        | 29 | 8360.29  | 288.28 |      |       |
| TOTAL        | 37 | 29446.16 |        |      |       |

C.V. = 41.83 %

Tabla A.47. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |    |
|-------------|-------|----|
| 7           | 85.66 | A  |
| 6           | 55.00 | B  |
| 5           | 51.65 | B  |
| 2           | 46.00 | BC |
| 1           | 39.56 | BC |
| 3           | 30.00 | BC |
| 9           | 24.50 | C  |
| 4           | 13.75 | C  |
| 8           | 4.10  | C  |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.48. Diferencia mínima significativa radio de copa observada  
9/agosto/02

|              |         |
|--------------|---------|
| dms( 9 3 ) = | 23.5069 |
| dms( 9 4 ) = | 21.2628 |
| dms( 9 8 ) = | 27.4502 |
| dms( 4 7 ) = | 22.4130 |
| dms( 4 6 ) = | 30.0702 |
| dms( 4 5 ) = | 24.5522 |
| dms( 4 2 ) = | 38.8204 |
| dms( 4 1 ) = | 21.2628 |
| dms( 4 3 ) = | 26.5194 |
| dms( 4 9 ) = | 21.2628 |
| dms( 4 8 ) = | 30.0702 |
| dms( 8 7 ) = | 28.3504 |
| dms( 8 6 ) = | 34.7220 |
| dms( 8 5 ) = | 30.0702 |
| dms( 8 2 ) = | 42.5256 |
| dms( 8 1 ) = | 27.4502 |
| dms( 8 3 ) = | 31.6967 |
| dms( 8 9 ) = | 27.4502 |
| dms( 8 4 ) = | 30.0702 |



Tabla A.49. Análisis de varianza radio de copa (5/octubre/2002)

| FV           | GL | SC        | CM       | F     | P>F   |
|--------------|----|-----------|----------|-------|-------|
| TRATAMIENTOS | 8  | 24490.898 | 3061.362 | 9.387 | 0.000 |
| ERROR        | 28 | 9130.773  | 326.099  |       |       |
| TOTAL        | 36 | 33621.671 |          |       |       |

C.V. = 39.42 %

Tabla A.50. Resultados de la comparación de medias

| TRATAMIENTO | MEDIA |     |
|-------------|-------|-----|
| 7           | 95.00 | A   |
| 6           | 67.50 | AB  |
| 5           | 55.00 | BC  |
| 2           | 46.00 | BCD |
| 1           | 43.85 | BCD |
| 3           | 32.66 | CD  |
| 9           | 29.00 | D   |
| 4           | 15.25 | D   |
| 8           | 13.00 | D   |

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Tabla A.51. Diferencia mínima significativa de radio de copa observada 5/octubre/02

|                      |
|----------------------|
| dms( 9 3 ) = 25.0378 |
| dms( 9 4 ) = 22.6475 |
| dms( 9 8 ) = 29.2378 |
| dms( 4 7 ) = 23.8726 |
| dms( 4 6 ) = 32.0284 |
| dms( 4 5 ) = 26.1511 |
| dms( 4 2 ) = 41.3485 |
| dms( 4 1 ) = 23.1805 |
| dms( 4 3 ) = 28.2464 |
| dms( 4 9 ) = 22.6475 |
| dms( 4 8 ) = 32.0284 |
| dms( 8 7 ) = 30.1967 |
| dms( 8 6 ) = 36.9832 |
| dms( 8 5 ) = 32.0284 |
| dms( 8 2 ) = 45.2950 |
| dms( 8 1 ) = 29.6525 |
| dms( 8 3 ) = 33.7609 |
| dms( 8 9 ) = 29.2378 |
| dms( 8 4 ) = 32.0284 |

**APENDICE B**

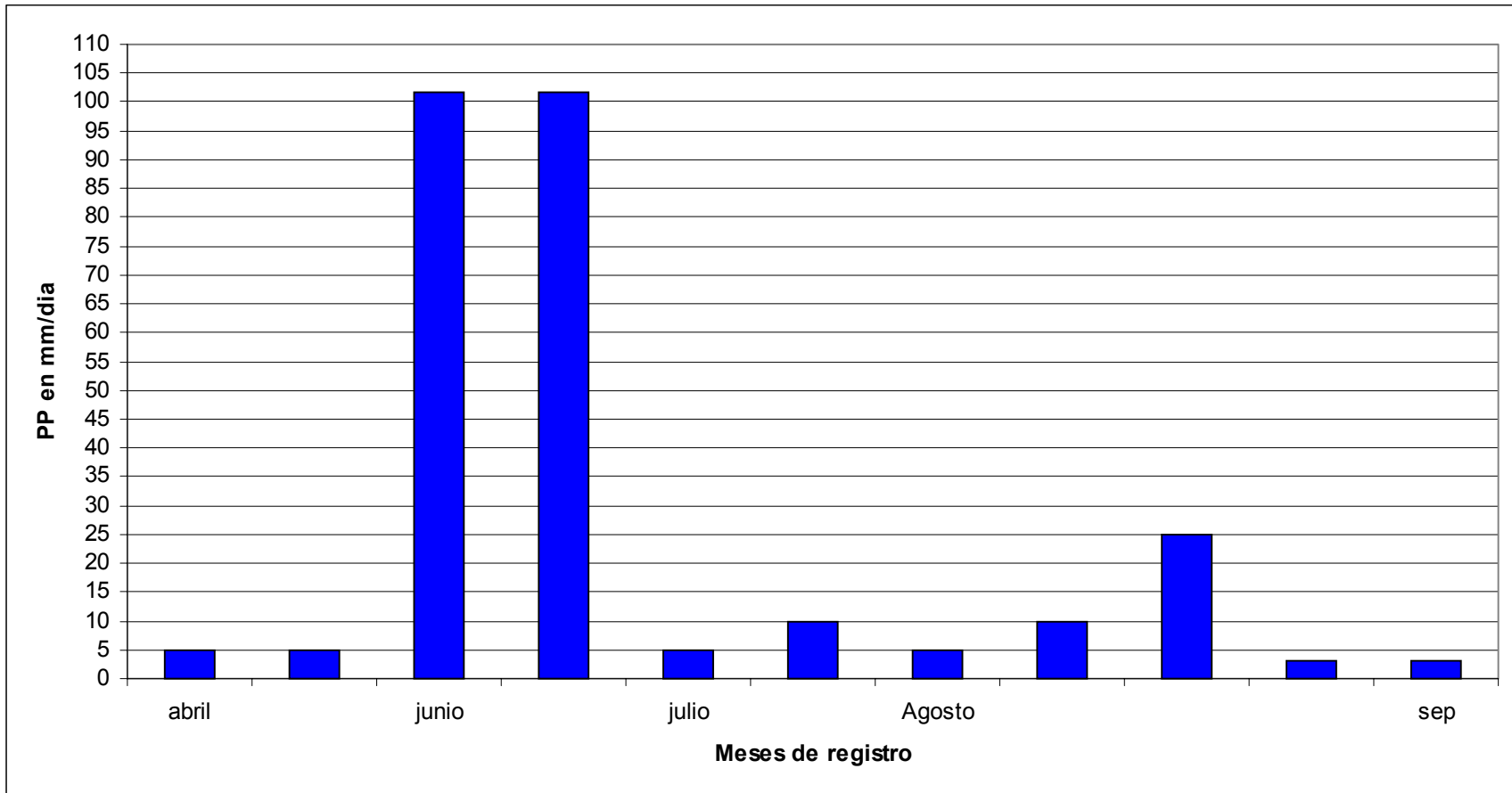


Figura B.1. Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año de 1999

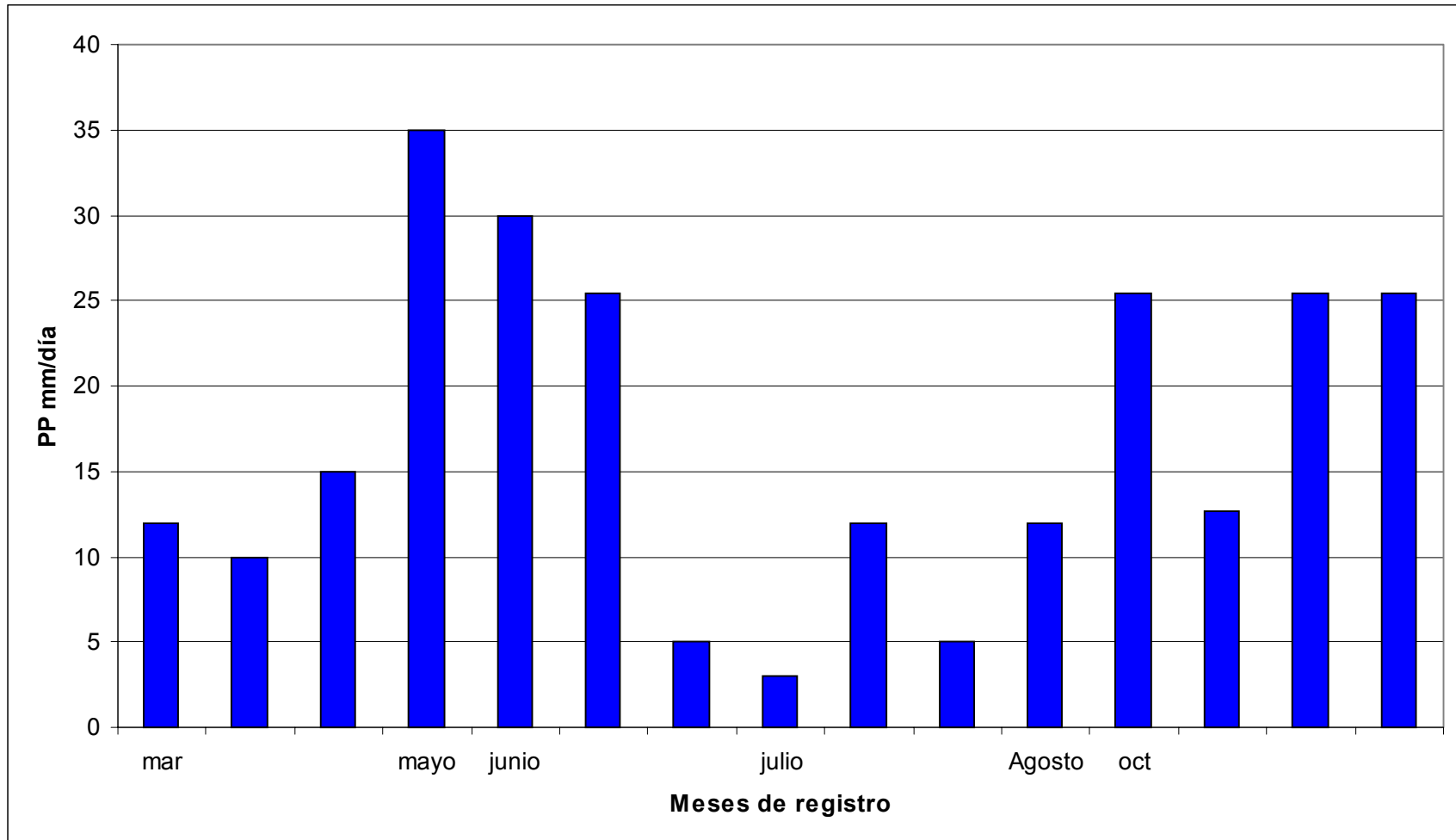


Figura B.2. Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Artega, Coahuila durante el año 2000

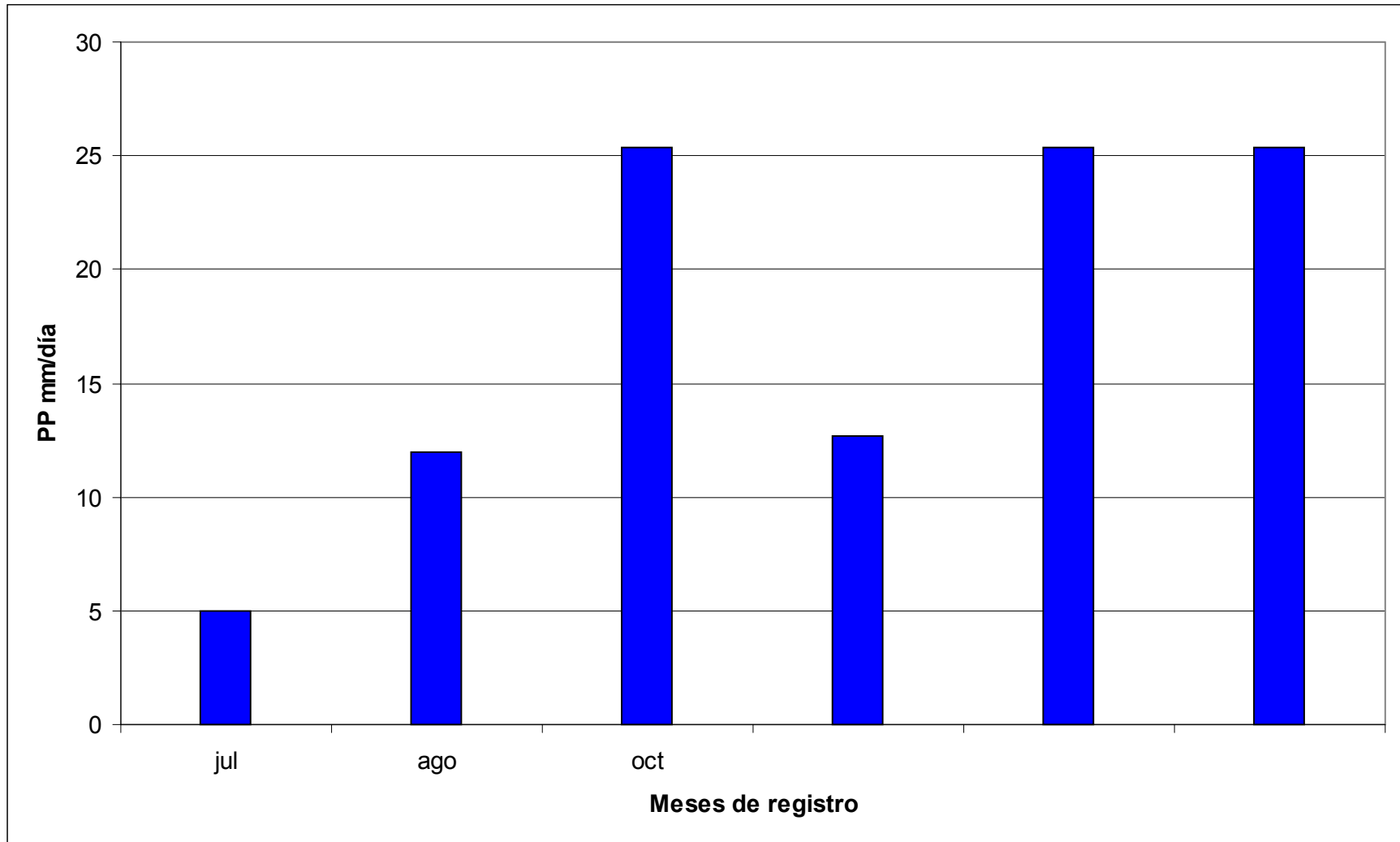


Figura B.3. Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Artega, Coahuila durante el año 2001

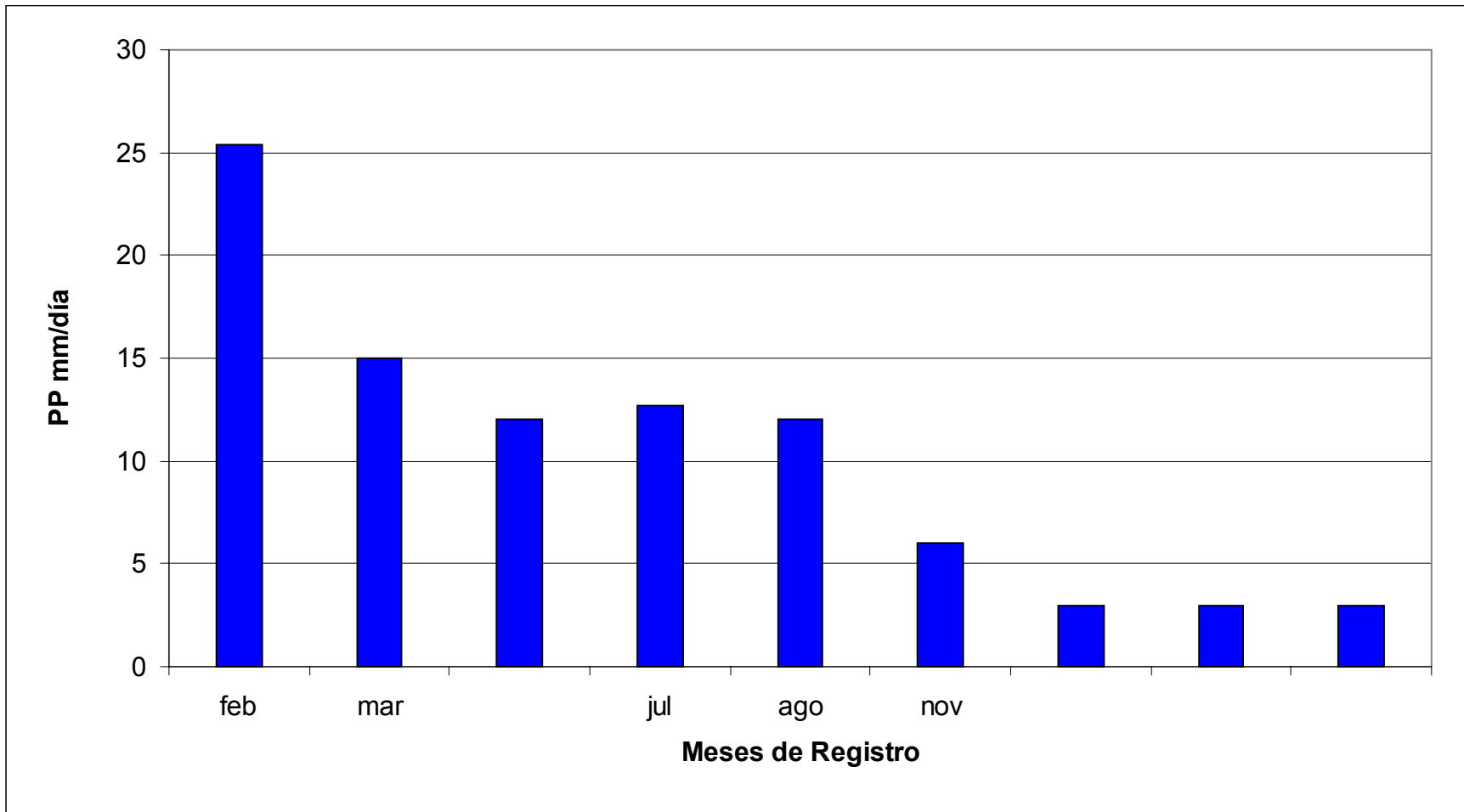


Figura B.4. Precipitación pluvial registrada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila durante el año 2002

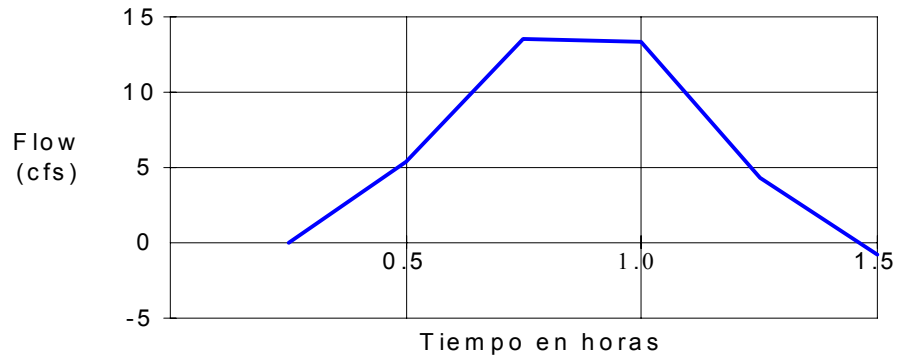


Figura B.5. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 4 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

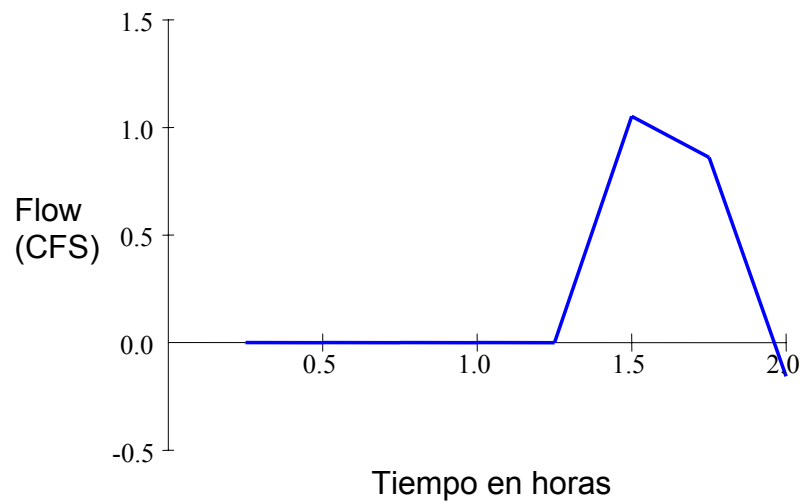


Figura B.6. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 0.980 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila



Figura B.7. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 1.370 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

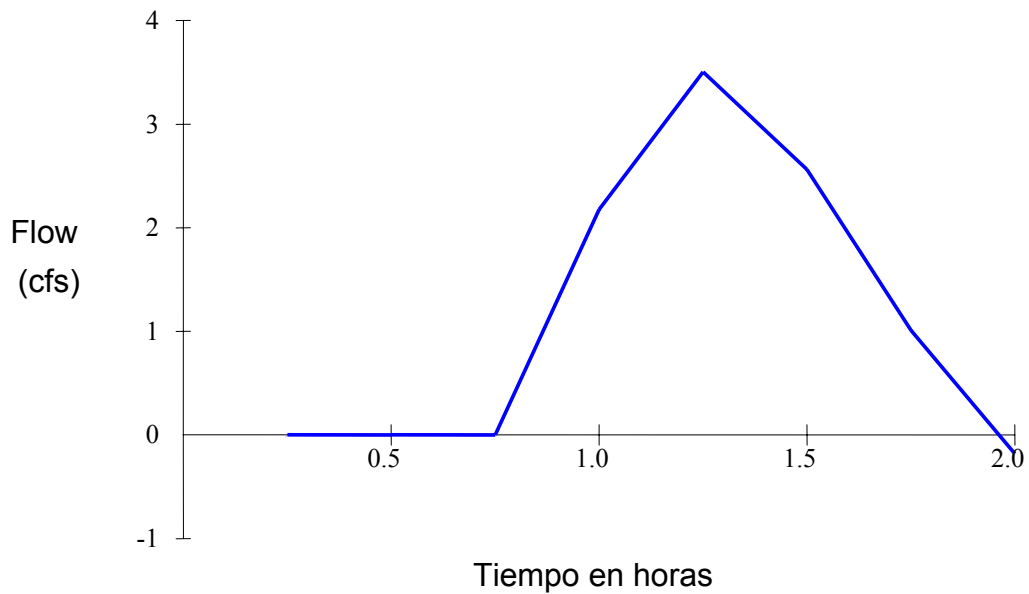


Figura B.8. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 1.180 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila



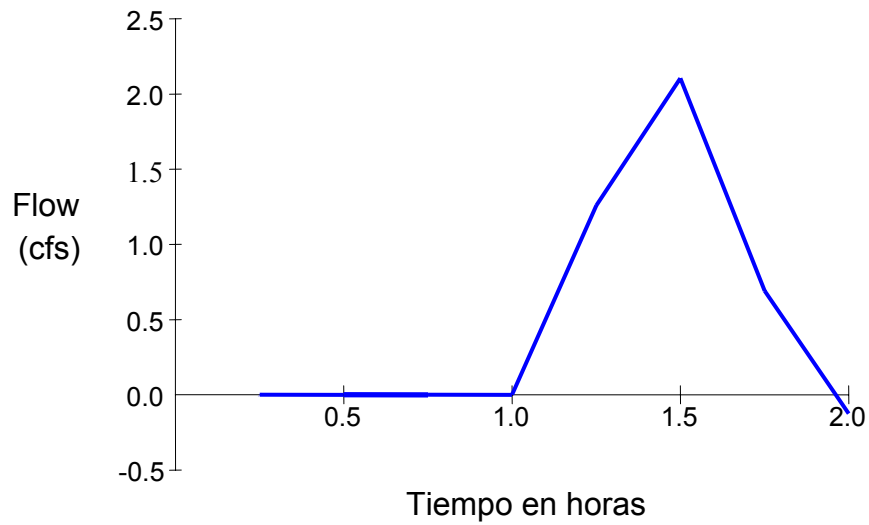


Figura B.9. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 1 pulgada en Loma Alta, Arteaga, Coahuila



Figura B.10. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 2.250 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila

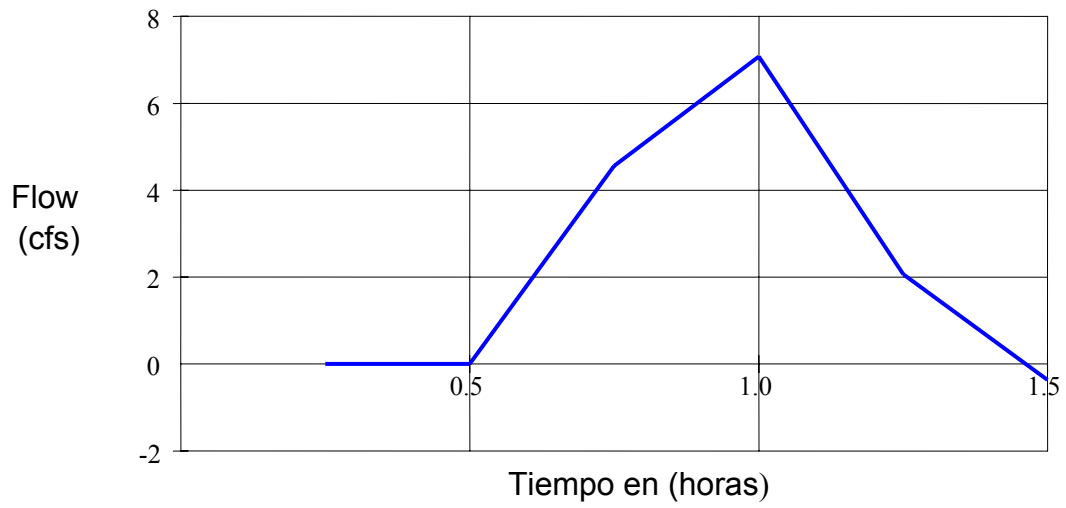


Figura B.11. Hidrograma de escurrimiento Superficial generado por una precipitación de 2 pulgadas en Loma Alta, Arteaga, Coahuila