



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA

INTERCEPTACIÓN PLUVIAL POR
PLANTACIONES DE Pinus
michoacana, ENCINAR Y PASTIZAL
EN LA ZONA BAJA DE LA CUENCA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA.

PRESENTA

BIOL. ESPERANZA DÍAZ FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALBERTO F. GOMEZ TAGLE ROJAS.

MORELIA, MICH., MÉXICO; DICIEMBRE DEL 2005.



DEDICATORIA

A MI ESPOSO

JOSE LUIS SORIA

Por tu gran apoyo tanto moral y de trabajo

A MIS PADRES

SALVADOR DIAZ Y ELISA FERNÁNDEZ

Por su motivación y ayuda para mi superación personal

A MI HERMANA ROCIO

Por contagiarme siempre con tu alegría

A MI HERMANA ELISA

Porque en los momentos más difíciles con tu entrega y lucha me inspiraste a seguir adelante.

A MI HERNANO J. JAVIER

Porque me enseñaste que lo más importante es la constancia y dedicación para lograr algo.

**AL EQUIPO DE TRABAJO DE CAMPO Y
COMPAÑEROS**

Por su amistad y dedicación

AGRADECIMIENTOS

Para la realización del presente trabajo fueron diversas personas que me ayudaron con su esfuerzo y dedicación para su culminación. En especial deseo agradecer a: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por el apoyo económico para este trabajo el cual forma parte del proyecto “Diagnóstico integrado y priorización de alternativas de rehabilitación para sustentabilidad de la cuenca de Morelia”

Agradezco también al Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo económico y de materiales para la realización del presente trabajo.

Además agradezco de manera especial al Dr. Alberto F. Gómez Tagle por su valiosa asesoría para realizar la presente tesis, gracias por su paciencia, dedicación y esfuerzo en guiarme con sus atinadas sugerencias y consejos para lograr finalizar este trabajo.

Gracias al Dr. Juan de Dios Benavides Solorio por su contribución importante en el mejoramiento conceptual del presente trabajo, por sus atinadas observaciones y su disposición siempre oportuna para ayudarme.

Además agradezco al Dr. Arturo Chacón Torres por sus sugerencias y observaciones para el presente trabajo, por empeñarse en hacerme entender que además de la parte académica es necesario aprender algo de política y de ciencias históricas.

Gracias a la Dra. Isabel Israde Alcántara por sus valiosas aportaciones, sugerencias y reflexiones que me ayudaron a la conceptualización del presente trabajo.

Agradezco a la M.C. Martha Beatriz Rendón López por su disposición en el apoyo a todas las actividades para el desarrollo del presente trabajo.

Gracias a la Comisión Nacional del Agua por permitirme el acceso a las instalaciones de la presa Cointzio para la obtención de datos hidrológicos, además de facilitarme los datos climáticos de la caseta.

A M.C. Yolanda M. Chávez Huerta por su amistad, sus atinadas sugerencias y apoyo para el desarrollo del presente trabajo.

Al MC. Alberto Gómez Tagle Chávez por su amistad, apoyo en campo y sugerencias para el desarrollo de este trabajo.

Gracias al M.C. Hugo Zepeda Castro por ayudarme en el trabajo de campo y por sus sugerencias en la metodología.

Gracias también a mis compañeros: Yola, Brenda, Heriberto, Fabricio, Jimena, Gloribella y Rafa por su sincera amistad, por sus bromas y sobre todo por acompañarme en el trabajo de campo.

Finalmente agradezco a todos mis profesores y demás personas que de una u otra forma me ayudaron a mi superación personal y familiar.

REFLEXIÓN
SIÉNTETE PEQUEÑO Y SERÁS GRANDE

¡Si te dieras cuenta de qué lugar
tan pequeño tienes en el universo!
Y ¡qué espacio tan relativo ocupas
entre los millones de seres humanos
que pueblan la tierra!
Y que la vida es como la flor del campo
que hoy existe y mañana desaparece.
Y teniendo un espacio tan pequeño
y una vida tan frágil, que se te escapa
como un aliento, ¿te sientes el único en el mundo
y el centro del universo?
¡Comprende lo que es la humildad!
Sé conciente del puesto que ocupas
frente a Dios, frente a los hombres
y frente al universo, y aplica la sabia
moderación de tus deseos de gloria.
Acepta tu realidad, ¡que siempre será hermosa!
Aprovéchala cada día y ¡sanará rápidamente tu corazón!
Acepta y agradece las leyes de la naturaleza,
porque han sido puestas por Dios para beneficio tuyo,
aunque no sean siempre a tu gusto.
Aquél día que te caíste, ¡cómo hubieras querido
que se suspendiera la ley de gravedad!
¿Por qué no buscas mejor el lado bueno
de las cosas y de los acontecimientos?
¿Por qué no agradeces a Dios en toda circunstancia?
Un día que San Francisco atravesando las montañas
se acerca a un arroyo fresco a beber,
toma en sus manos el agua cristalina
y mirando al cielo dice: Padre cuantos años hace
que tú hiciste brotar este arroyo para que yo hoy bebiera
de sus aguas y reconociera tu cariño.

¡Gracias!

P. Miguel Contreras López.

RESUMEN

INTERCEPTACIÓN PLUVIAL POR PLANTACIONES DE *Pinus michoacana*, ENCINAR Y PASTIZAL EN LA ZONA BAJA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE COINTZIO, MICHOACÁN.

Biol. Esperanza Díaz Fernández,
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH)
Correo electrónico: peradf@hotmail.com

El agua de lluvia es interceptada por diferentes compartimentos en su paso hacia los acuíferos subterráneos o hacia los océanos, uno de esos compartimentos son los árboles donde el agua permanece en la superficie de las hojas, dentro de la planta misma y otra parte se pierde por evapotranspiración o se infiltra en el suelo, el presente trabajo trata sobre la interceptación de lluvia en plantaciones de *Pinus sp.*, *Quercus sp.* y pastizal, evaluando su relación con las características dasométricas de la vegetación y algunas propiedades físicas del suelo.

Para plantaciones de *Pinus sp.* y zona de *Quercus sp.* las variables analizadas fueron las siguientes: porcentaje de cobertura, precipitación dentro y fuera de la plantación, flujo caulinar, interceptación, humedad del suelo e infiltración del agua, en zona de pastizal fueron las siguientes variables: interceptación, humedad del suelo e infiltración del agua, comparando con hojarasca de *Pinus sp.* y *Quercus sp.*

En la mayoría de los eventos la interceptación y el flujo caulinar resultó mayor en *Quercus* que en los otros dos tipos de vegetación. La interceptación arbórea en las plantaciones de *Pinus sp.* es significativamente diferente a la zona de *Quercus sp.* La interceptación del pastizal es significativamente diferente a la hojarasca de *Quercus sp.* pero no con hojarasca de *Pinus sp.* en el área de estudio las precipitaciones máximas se presentaron en un rango de 35 mm a 45 mm, el flujo caulinar y el flujo a través del follaje fue mayor en *Quercus* que en *Pinus sp.*, la interceptación de lluvia varió de 25% al 40% en *Pinus sp.* y de 20% al 30% en zona de *Quercus sp.*

La pendiente entre los sitios varía entre 15% y 44%, la exposición es sur, suroeste en pinos y norte y noroeste en encinos, la altitud varía de 2040 msnm a 2130 msnm, en los pinos el diámetro de copa varía de 4.6m a 6.5 m, en los encinos varía de 3.9 m a 5.1m, la cobertura en los sitios de pino es de 87% a 97% y en encinos de 50% a 93%, La infiltración ocurre en forma más rápida sin la interceptación por hojarasca y más lenta con hojarasca.

Palabras clave: *Hidrología forestal, Rendimiento hídrico, Plantaciones forestales, ciclo hidrológico, interceptación de la lluvia, flujo caulinar, balance hídrico*

SUMMARY

RAIN INTERCEPTION IN PLANTATIONS OF *Pinus michoacana*. OAKS FOREST AND GRASS LAND TO THIN THE COINTZIO DAM WATERSHED MICHOACAN MEXICO.

Biol. Esperanza Díaz Fernández,
Institute of Research on Natural Resources (INIRENA-UMSNH)
Electronic mail: peradf@hotmail.com

Rain water intercepted by different compartments in the pathway towards the water table remains in forest trees they work as compartments of water, because it remains in the surface of the leaves and inside the same plant and the water gets lost for evapotranspiration.

The investigation resewith presentea the interception among plantations of *Pinus michoacana*, oaks forest and grass and their relationship with land use. The variables were: canopy percentage, precipitation inside and outside it was of the plantation, stemflow, throughfall, Interception, moisture of the soil and infiltration of the water, under three conditions: plantations of *Pinus sp*, Oak forest and grass land.

The slope among the places varies between 15% and 44%, the aspect is south, Southwest in pines and north and northwest in oaks, the altitude varies from 2040 msnm to 2130 msnm, in the pines the canopy diameter varies from 4.6m to 6.5 m, in the oaks it varies of 3.9 m to 5.1m, the canopy in the pine places is from 87% to 97% and in oaks of 50% to 93%, the maximum precipitations were presented in a range of 35 mm to 45 mm, the one stemflow and the throughfall were bigger in *Quercus* than in *Pinus sp*, the interception varied from 25% to 40% in pines and of 20% to 30% in oak forest.

In most of the events the interception and the stemflow were highen in *Quercus*. The soil infiltration passing through increase without litter, in oaks forest is increased in the first readings. The tree interception in those plantations are significantly different to the oaks area. The interception of the grass land it is significantly different to the oaks area but not with plantations of *Pinus sp*.

Words key: Forest hydrology. Hldric Yield, Forest Plantations, hydrological cycle, rain interception, stemflow, Water Balance

INDICE

	PÁGINA
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES	4
III.- OBJETIVOS	9
IV.- HIPÓTESIS	10
V.- JUSTIFICACIÓN	10
VI.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
6.1 Localización	11
6.2 Fisiografía	11
6.3 Hidrografía	11
6.4 Clima	12
6.5 Geología	12
6.6 Suelo	13
6.7 Vegetación	14
VII.- MATERIAL Y MÉTODOS	17
7.1 Selección del área de estudio	17
7.2 Parámetros medidos por sitio	20
7.3 Obtención de datos	22
7.3.1 Fisiográficos	22
7.3.2 Dasométricos	22
7.3.3 Hidrológicos	24
7.3.4 Interceptación	25
7.3.5 Evapotranspiración	28
7.3.6 Humedad del suelo	29
7.3.7 Infiltración	29
7.3.8 Interceptación de lluvia por hojarasca	30
7.3.9 Interceptación del pastizal	31
7.4 Diseño experimental y análisis estadístico	32
VIII.- RESULTADOS	33
8.1 Fisiográficos	33
8.2 Dasométricos	34
8.3 Hidrológicos	38
8.3.1 Precipitación	39
8.3.2 Flujo caulinar y flujo por follaje	42
8.3.3 Interceptación por arbolado	46

PÁGINA	
8.3.4 Interceptación del pastizal y hojarasca	48
8.3.5 Humedad del suelo	50
8.3.6 Infiltración	51
8.4 Integración de los resultados	56
8.4.1 Análisis de varianza	58
8.4.2 Análisis de correlación	58
IX .- DISCUSIÓN	63
X .- CONCLUSIONES	65
XI.- BIBLIOGRAFIA	66
XII.- ANEXOS	71

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1.- Ciclo hidrológico	1
2.- Balance Hidrológico en México	5
3.- Perfil de Leptosol hiperesquelético	14
4.- Flujo metodológico	18
5.- Ubicación de sitios de muestreo	19
6.- Altimetro, clinómetro y GPS.	22
7.- Longímetro, cinta diamétrica , hipsómetro y brújula	23
8.- Medición de diámetro de copa en sitio 2 de encinos	24
9.- Pluviómetros	24
10.- Material para medición del flujo fustal	26
11.-Componentes del proceso de interceptación	27
12.- Infiltrómetro de doble anillo	30
13.- Obtención de muestra para interceptación de hojarasca	30
14.- Medición de interceptación de lluvia por hojarasca	31
15.- Manejo actual de los pastizales en el área de estudio.	31
16.- Diseño experimental	32
17.- Diámetro de copa en árboles anillados de pino y encino	36
18.- Cobertura arbórea en sitios de pino (%).	38
19.- Cobertura arbórea en sitios de encino (%)	38
20.- Climograma para la zona de la presa Cointzio año 2004	40
21.- Climograma de Cointzio de 1940 a 2004	40
22.- Precipitación (mm) de Junio a Noviembre del 2004.	41
23.- Intensidad de la lluvia máxima 2004	41
24.- Flujo interfoliar (mm) en sitios de pino	43
25.- Flujo interfoliar (mm) en sitios de encino	44
26.- Flujo caulinar (mm) en sitios de pino	45
27.- Flujo caulinar (mm) en sitios de encino	45
28.- Interceptación (mm) de la plantaciones de pino	47
29.- Interceptación (mm) en zona de encinos	47
30.- Interceptación en pastizal	49
31.- Interceptación en hojarasca.	49
32.- Porcentaje de humedad en el suelo	50
33.- Infiltración en plantaciones de pino 1	51
34.- Infiltración en plantaciones de pino2	51
35.- Infiltración en plantaciones de pino 3	52
36.- Infiltración en sitio de encino 1	52
37.- Infiltración en sitio de encino 2	53
38.- Infiltración en sitio de encino 3	54
39.- Infiltración en pastizal 1	54
40.- Infiltración en pastizal 2	55
41.- Infiltración en pastizal 3	55

 INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1.- Intercepción en diferentes tipos de vegetación	4
2.- Pérdida de interceptación anual	5
3.- Características físicas del suelo	13
4.- Especies de vegetación herbácea	15
5.- Especies arbóreas en la cuenca de Cointzio	16
6.- Ubicación de los sitios experimentales	19
7.- Obtención de datos de campo	21
8.- Datos fisiográficos en zona de pinos	33
9.- Datos fisiográficos en zona de encinos	33
10.- Datos fisiográficos en zona de pastizal.	34
11.- Resultados promedio de datos dasométricos por sitio	35
12.- Resultados de índice de espaciamiento , incremento diamétrico, I. Vigor	35
13.- Resultados de edad, tp, L10a y corteza en árboles de pino	35
14.- Cobertura arbórea en % por sitio de pino	37
15.- Cobertura arbórea en % por sitio de encino	37
16.- Árboles anillados para medir el flujo fustal	42
17.- Flujo interfoliar por sitio en 17 eventos	43
18.- Flujo caulinar por sitio en 17 eventos	44
19.- Interceptación en mm por sitio en 17 eventos	46
20.- Valores totales estandarizados de variables hidrológicas	56
21.- Valores promedio totales de interceptación de hojarasca	56
22.- Interceptación total en pino	57
23.- Recarga de agua al suelo forestal en pino	57
24.- Precipitación neta en pino	57
25.- Interceptación total en encino	57
26.- Recarga de agua al suelo forestal en encino	57
27.- Precipitación neta en encino	58
28.- Correlaciones entre sitios de pino de interceptación y precipitación	60
29.- Correlaciones entre sitios de pino de interceptación y DAP	60
30.- Correlaciones entre sitios de pino de interceptación y volumen de copa	61
31.- Correlaciones entre sitios de encino de interceptación y precipitación	61

I.INTRODUCCIÓN

El agua en la interdependencia y movimiento continuo de todas las fases, sólida, líquida, y gaseosa dan lugar al ciclo hidrológico, como concepto central de la hidrología como disciplina. La cantidad total de agua en el ciclo hidrológico, como elemento esencial, no puede ser disminuida, únicamente se transforma entre las distintas fases con la excepción de los afloramientos superficiales de algunas cantidades poco significativas de agua fósil o posible adición por contacto con algún cometa. La transferencia de agua de la zona terrestre al océano y la atmósfera, procede mediante escurrimientos superficiales, corrientes subterráneas y evaporación para regresar eventualmente a la superficie terrestre por medio de la precipitación pluvial (fig. 1). En la porción terrestre del ciclo, no toda la precipitación llega a la superficie de igual forma pues ocurre la interceptación por la vegetación o por la superficie de construcciones y otras estructuras, o bien, parte regresa a la atmósfera por evaporación. (Ward y Robinson, 2000).

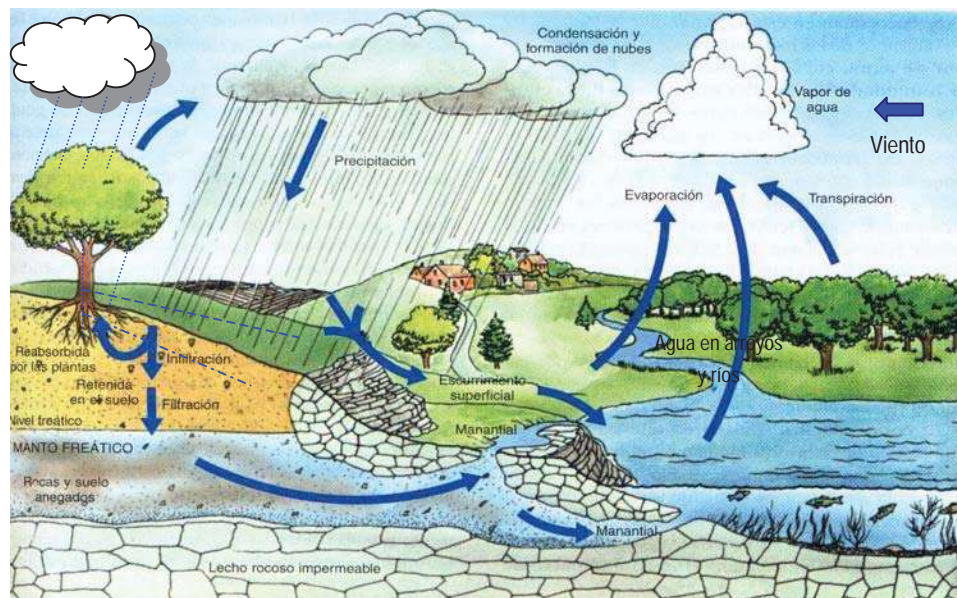


Figura 1.- Ciclo hidrológico (Tomado de Nebel y Wright, 1999)

Así la precipitación pluvial es interceptada por diferentes compartimentos en su paso hacia los acuíferos subterráneos o hacia los océanos. En cada compartimiento el agua se moviliza temporalmente o se desplaza espacialmente, como es el caso de arroyos y ríos. En el bosque, los árboles funcionan como compartimento de agua, al retenerla en la superficie de las hojas y dentro de la planta misma. El agua vuelve a la atmósfera por la transpiración de las plantas, resultado del metabolismo primario y la evaporación en la superficie de las hojas, que de forma total el proceso es llamado evapotranspiración. (Ramos, 2003)

El origen de los ríos en regiones montañosas por lo general constituyen abastecimientos de agua para irrigación, producción de alimentos, industrias y poblaciones urbanas. Por ello algunos especialistas consideran las montañas como “torres de agua”. Función fundamental que requiere un conocimiento profundo para una utilización racional de los recursos hídricos en distintas zonas climáticas. (Messerli, *et al*, 2003).

El potencial de los bosques para retener el agua se conoce como el paradigma hidrológico del bosque. La captación de agua en los bosques reduce los picos de escurrimiento, sobre todo en regiones con pendientes abruptas, y regulan el flujo en arroyos y manantiales, de acuerdo al paradigma hidrológico del bosque (Messerli, *et al* Op. Cit) y a la luz de nuevos estudios acerca de la hidrología de las montañas en distintas zonas climáticas y con diversos usos de suelo, resulta pertinente cuestionar si es posible generalizar este funcionamiento en las cuencas montañosas del mundo.

La acelerada degradación de los recursos naturales requiere de estrategias de manejo que permitan conservar y restaurar la trama de procesos involucrados en el sistema hidrológico.

La vegetación juega un papel muy importante en el ciclo hidrológico (Eddleman y Miller, 1991), la tala de bosques o roza de la vegetación en forma excesiva, conduce a cambios en el ciclo normal del agua al cambiar la infiltración y por ende la recarga de las aguas freáticas en función de los escurrimientos pluviales. Así en ausencia de vegetación el agua de lluvia corre a los ríos y arroyos en forma inmediata. El paso del agua en terrenos carentes de vegetación ocasiona inundaciones arrastre de azolves y

acarreo de contaminantes presentes en las superficies erosionadas que finalmente llegan a los distintos cuerpos de agua.

El aumento en escurrimientos da como resultado disminución de la infiltración y menor recarga de los mantos freáticos y como consecuencia insuficiente agua para alimentar los manantiales en tiempos de secas. Los lechos secos y desnudos son característicos de las regiones deforestadas afectan a los ecosistemas y a los seres humanos que dependen del agua para sobrevivir (Nebel y Wright, 1999)

La cuenca hidrológica de la presa Cointzio que forma parte de la cuenca de Cuitzeo en el estado de Michoacán, presenta una deforestación significativa que ha conducido a la plantación de árboles desde 1946 por distintas dependencias de gobierno (Agencia General de la SAG, Unión de productores forestales de Michoacán AC, Comisión forestal del estado de Michoacán (CFEM), Distrito de Conservación de suelo y agua de la SAF (Madrigal y Trujillo, 2000)

La reforestación de 2,470 ha aproximadamente con varias especies de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus* y *Cupressus* intentaron recuperar y proteger áreas con suelos degradados y evitar el azolvamiento de la presa al igual que establecer zonas recreativas para mejorar las condiciones locales (Serrato y Ascencio, 1993)

Las especies más utilizadas en reforestación son las siguientes: *Pinus michoacana*, *P. montezumae*, *P. tenuifolia*, *P. oocarpa*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *Cupressus lindleyi*, *Eucalyptus resinífera*, *E. camaldulensis*, *E. globulus*, *E. bridgesiana*, *E. robusta*, *E. viminalis* y *E. astringens* (Esparza y Trujillo, 1986). En el presente trabajo se midió el efecto de las plantaciones de *Pinus michoacana* sobre la interceptación de la lluvia y su posible influencia en la recarga de acuíferos se consideraron las condiciones hídricas y ecológicas de los sitios en términos de interceptación de la lluvia, humedad del suelo, infiltración y algunas otras variables, obteniendo así la influencia de la interceptación de la lluvia por plantaciones del género *Pinus*, comparando con zona de *Quercus* sp. y pastizal, conociendo la relación con el uso del suelo en las inmediaciones de la presa Cointzio, que permita a los usuarios del recurso agua elementos viables para frenar la degradación creciente en la cuenca, mejorar la calidad del agua captada en la presa y el ecosistema circundante, del cual dependen cerca de 1 millón de personas de la ciudad de Morelia.

II.-ANTECEDENTES

2.1 ESTUDIOS INTERNACIONAL

Zinke en Black P.E. (1996), publicó datos de 39 estudios de interceptación por diferentes tipos de vegetación en diferentes estaciones y edades, Cuadro No. 1 donde se aprecia que la mayor interceptación ocurre en el mantillo forestal hasta 11 mm, en coníferas es mayor con precipitación de nieve hasta 9 mm y en maderas duras la interceptación es mayor en verano.

El estudio del balance hídrico en plantaciones jóvenes de *Eucaliptus globulus* y *Pinus radiata* en el sur de Chile deduce una mayor aportación de agua por escurrimiento fustal en *Pinus radiata*. En ambas plantaciones, la evapotranspiración aumentó de 30% a 58%. (Oyarzún y Huber, 1999).

Cuadro 1.- Interceptación en diferentes tipos de vegetación y tipo de precipitación (Oyarzún y Huber, 1999).

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE PRECIPITACIÓN	RANGO (mm)
Coníferas	Lluvia	0.25 – 7.62
	Nieve	0.51 – 9.14
Maderas Duras	Verano	0.51 – 1.27
	Invierno	0.25 – 0.76
Arbustos	Lluvia	0.25 – 1.78
Pastos	Lluvia	1.02 – 1.52
Mantillo Forestal	Lluvia	0.51 – 11.18

En la parte central de Oregon, Eddleman y Miller (1991) encontraron que *Juniperus occidentalis* juega un papel importante en el ciclo hidrológico, por efecto de la alta transpiración 5 a 132 l/día y la alta interceptación que puede llegar hasta un 60% además permite la reducción del flujo de agua superficial de las áreas riparias.

Calder (1990), Hall et al. (1992), IH, (1998) (en Ward y Robinson, 2000), publicaron algunos valores de la interceptación anual de la precipitación por diferentes tipos de vegetación forestal para coníferas de un 30 a 35% y en árboles de hoja ancha de un 15 a 25% .Cuadro No. 2

Cuadro 2.- Pérdida de interceptación anual en diferentes tipos de vegetación forestal

TIPO DE VEGETACIÓN	INTERCEPTACIÓN ANUAL (%)
Coníferas	30 – 35
Arboles de hoja ancha	15 – 25
Bosque tropical	10 – 15
Eucalyptus	5 - 15

2.2 ESTUDIOS EN MÉXICO

De acuerdo con la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2003), el balance hídrico en México derivado de la precipitación anual total corresponde a un 26.1 % en escurrimientos, del cual un 16.8% regresa al mar sin utilización y un 9.3% se utiliza. El 71.4 % del total regresa a la atmósfera por evapotranspiración, un 2.5% corresponde a la recarga de los mantos freáticos y de éste último el 1.7% se utiliza haciendo pozos profundos para su extracción mientras que un 0.8% es agua sin utilización que se mantiene en reserva. (fig. 2)

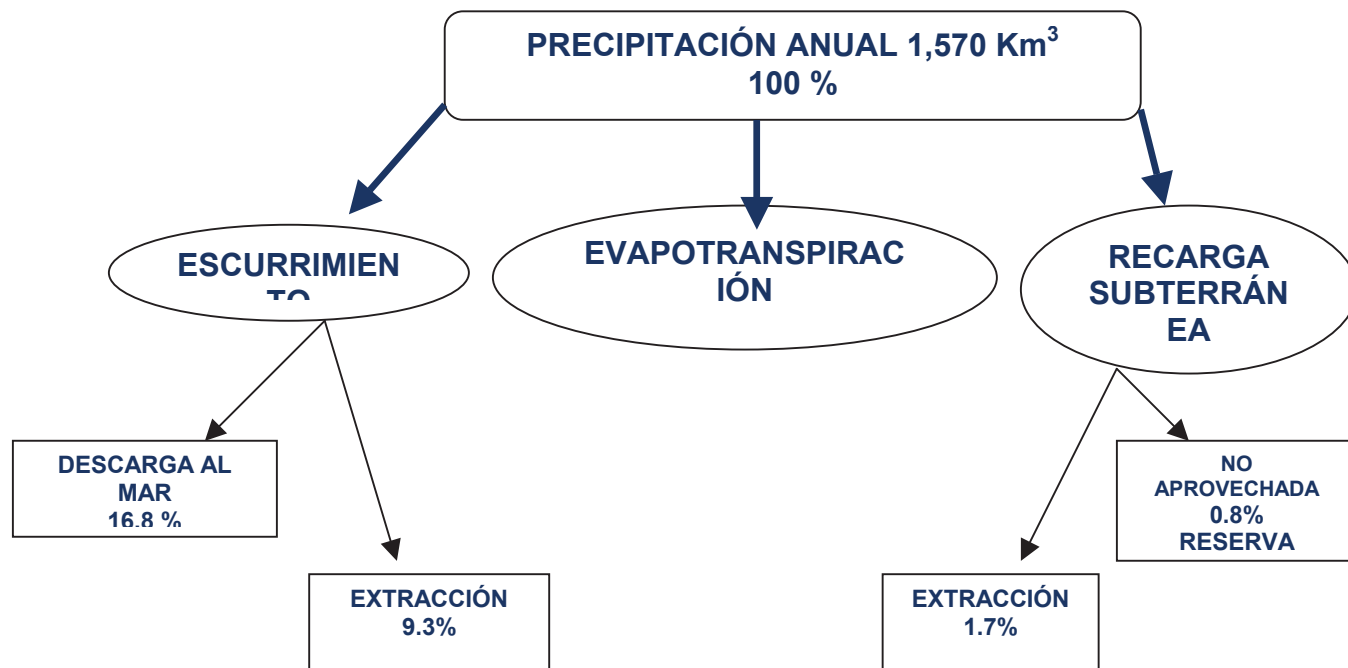


Figura. 2.- Balance Hidrológico en México (Tomado de CONABIO-SEMARNAT, 2003)

Para la obtención del balance hídrico general, se utiliza la ecuación siguiente:

$$BH = P - (I + E + ETP)$$

Donde:

BH = balance hídrico

P = precipitación

I = infiltración

E = escorrentía

ETP = evapotranspiración

Y sirve para tener una idea general del aprovechamiento del agua y en que proporción se encuentra en sus diferentes fases, debido a que no se consideran varios factores dentro de cada variable, los datos pueden ser no muy confiables para estudios donde se requiere una aplicación mas específica.

Al estudiar el balance hídrico en cualquier lugar de México, se considera la distribución de la precipitación en el área geográfica, considerando que el 31 % del territorio mexicano es árido, el 36% es semiárido y el 33% es húmedo o subhúmedo (CONABIO – SEMARNAT, 2003) además de una distribución geográfica existe una distribución altitudinal por la disponibilidad del agua, siendo mayor en las partes bajas (80%) y menor en las zonas de montañas (5%) y precisamente donde el agua esta menos disponible, la población humana es mayor, esto ha ocasionado la sobre explotación de los mantos freáticos y deterioro de los ecosistemas acuáticos.

El estudio de los anillos de crecimiento de las coníferas permiten inferir la información histórica sobre las variaciones de factores ambientales como es el caso de: precipitaciones, temperaturas, incendios, etc., (Díaz *et. al*, 2003) y conjuntado posteriormente todos los factores se facilita una reconstrucción de las variaciones y tendencias de los escurrimientos superficiales como es el caso del análisis de series dendrocronológicas de Baja California Sur y de la Sierra Madre Occidental de 1840 a 1992 para la zona norte y de 1712 a 1993 para la zona sur.

Otro estudio por Benavides Solorio y MacDonald (2001) revela que no existe escurrimiento superficial en precipitaciones menores de 10 mm h^{-1} , mientras que con lluvias mayores de 70 mm h^{-1} pueden ser muy erosivas y catastróficas

La pendiente regula la energía y la velocidad del flujo superficial, explica Benavides Solorio et. al., (2003) mientras la longitud de la pendiente regula la cantidad del flujo la cubierta forestal protege al suelo de la lluvia, ofreciendo resistencia al escurrimiento e incrementando la infiltración. A una cobertura mayor de 60% adquiere una efectiva protección contra la erosión laminar y mayor de 70% disminuye la erosión en canalillos además tratan la influencia de la repelencia del suelo al agua en función de incendios forestales debido a que reduce la infiltración en el suelo e incrementa el escurrimiento superficial.

Se estudiaron los flujos de precipitación penetrante en los bosques subtropicales de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, (Flores *et. al.*, 2003), en un bosque – escuela de la Universidad Autónoma se seleccionaron cinco sitios: 1) *Juniperus flaccida* 2) *Quercus glaucoides*, 3) *Q. Canbyi* y *Fraxinus greggi*, 4) *Q. Canbyi* y *Q. Cupreata* 5) *Pinus pseudostrobus*, *Q. Canbyi* y *Q. laeta* y se obtuvo que para los 5 sitios la precipitación penetrante fue de 84% a 87% en promedio y se explica que los valores de precipitación penetrante son ligeramente mayores a otros estudios y que uno de los factores que podría explicar esto es la morfología de los encinos, la inclinación de los troncos, el crecimiento tortuoso e irregular del tronco, la rugosidad de la corteza y el crecimiento epífitas que propician puntos de goteo y se concluye que la precipitación penetrante depende principalmente de la precipitación bruta, el efecto de otras variables no fue muy claro; no existió diferencia estadísticamente significativa entre los sitios con los valores de precipitación penetrante, la cobertura del dosel influye significativamente en los eventos de lluvia pequeños.

La precipitación penetrante en bosque deciduo templado es de 81 a 84% de la precipitación pluvial durante la estación de crecimiento en la Sierra Madre Oriental y un bosque de coníferas típicamente alcanza de 72% a 74% precipitación penetrante. según Charles, (1998) y Cantú Silva, Gonzalez- Rodríguez (2001).

El tipo de suelo y el sustrato geológico presentan afectaciones por los procesos desarrollados en la superficie, es decir las características pedogenéticas y geomorfológicas de una zona determinada son el resultado de manejo, conservación,

uso, cambio climático etc. Así, en el glacis de Buenavista Morelos (Escamilla et al., 2002) estudiaron la interacción de procesos geomorfológicos y pedogenéticos en suelos de tepetates para concluir que en la génesis existieron cambios marcados en las condiciones climáticas, que dieron lugar a un paleosuelo relictivo, que reúne en su perfil rasgos que reflejan los climas pasados y presentes.

2.3 ESTUDIOS EN MICHOACÁN

En Michoacán el balance hídrico en la cuenca del Lago de Zirahuén calculado con la ecuación general de balance hídrico de lagos y embalses, presenta una dinámica hídrica tal que al existir deficiencias de entradas superficiales, el agua subterránea provee la cantidad no aportada en el primer caso y cuando existen demasías en las entradas, el lago pierde la mayor parte del agua que recibe en flujos subterráneos de salida. Este proceso típico de zonas volcánicas, (Cruz, 1995) ocurre con el bloqueo por flujos de lava que originan un cuerpo de agua o aumentando la capacidad del ya existente para dar lugar a un sistema en equilibrio hidrológico.

En la cuenca de Atécuaro, municipio Morelia, (Calderas, 2004) estudió el ciclo hidrológico y efectos ambientales que pueden repercutir en la fluctuación de la recarga de agua en los manantiales y concluyen que los cambios provocados tanto por la producción agropecuaria como el aprovechamiento forestal afectan al ciclo hidrológico de la cuenca por la transformación de la cobertura vegetal original, aportan los gastos mayores en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre con una drástica disminución posterior que se agrava al modificar el microclima.

2.4 ESTUDIOS EN CUENCA DE COINTZIO

El estudio sobre manejo de la cuenca hidrográfica de Cointzio, (Esparza y Trujillo, 1986), abarca aspectos de topografía, suelo, erosión, vegetación y uso del suelo; y divide la superficie total de la cuenca en 10 subcuencas a partir de análisis topográficos, aproximadamente el 30% de la cuenca presenta erosión severa, actualmente el porcentaje citado probablemente se encuentra rebasado debido a la degradación del suelo y pérdida de cobertura vegetal en todos los estratos.

Se realizó una investigación de plantas arvenses (Avila, 1992), que se localizan comúnmente en zonas de cultivos temporales de maíz en la cuenca de Cointzio y reporta 78 especies que corresponden a 67 géneros y 28 familias

Se evaluaron tres plantaciones (Bolaños, 1993) en la cuenca de Cointzio y encontró que la plantación de *Cupresus lindleyi* Klotzsch presenta mejor desarrollo, que la plantación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn presenta buen desarrollo a pesar de las condiciones adversas de algunas propiedades del suelo como pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. La plantación de *Pinus michoacana* obtuvo un crecimiento regular en condiciones edáficas más favorables.

En la zona suroeste de la microcuenca del Río Grande de Morelia, Olivares (1993) estudió la capacidad de uso del suelo, reportando que para la zona cercana a la Presa Cointzio existen Litosol, Luvisol vértico, Luvisol crómico, Basalto, Vertisol pélico, Acrisol ortico y Toba riolítica,

Se realizó una evaluación de la pérdida de suelo en las inmediaciones de la presa Cointzio por Díaz, (2001) con lotes de escurrimiento en vegetación herbácea mixta, *Cosmos bipinnatus*. Cav con dos tipos de siembra – quema y como testigo general suelo desnudo. Como resultado la vegetación herbácea mixta contribuyó a disminuir la escorrentía y pérdida de suelo, en comparación con los otros tratamientos en un 99 %, el suelo desnudo produjo mayor escorrentía y la mayor pérdida de suelo en los tratamientos con quema.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL: Evaluar y comparar el efecto de interceptación pluvial por plantaciones de *Pinus michoacana*, encinar y pastizal en la zona baja de la cuenca hidrográfica de Cointzio.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

- Medir la interceptación de la lluvia por plantaciones de *Pinus michoacana*, bosque de encino y pastizal.
- Valorar la altura, cobertura, diámetro de copa, diámetro del tronco y al 1.30 m en las plantaciones de *Pinus michoacana* y bosque de encino.

- Analizar los datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración de la zona.
- Relacionar la humedad del suelo e infiltración con la interceptación de la lluvia.
- Calificar el rendimiento hídrico en plantaciones de *Pinus michoacana*.

IV.-HIPOTESIS DE TRABAJO

Las plantaciones de pino captan mayor volumen de la precipitación pluvial, en mayor proporción que el bosque de encinos o área de pastizales en la zona baja de la cuenca hidrográfica de Cointzio.

V.-JUSTIFICACIÓN

Actualmente la mayoría de los planes de trabajo sobre manejo de recursos forestales incluyen propuestas de reforestación. En el pasado, la falta de planeación y seguimiento de las acciones emprendidas condujo a experiencias infructuosas que significaron pérdidas de recursos económicos destinados al propósito de conservar el bosque, la carencia de investigaciones de campo constituye uno de los impedimentos esenciales para llevar a cabo una reforestación exitosa. En este contexto, el presente trabajo valora algunas plantaciones de *Pinus michoacana* en cuanto a la interceptación de la lluvia, infiltración, humedad en el suelo, en comparación con el bosque de *Quercus sp*, probablemente relicto de la vegetación original en la zona así como las áreas de pastizal donde aparentemente por el manejo presenta los mayores cambios hidrodinámicos en el suelo ocasionados por la fluctuación en el nivel de la presa, el impacto del ganado justo antes de comenzar la temporada de lluvias, y la escasa vegetación.

VI.-- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.1 LOCALIZACION

El sitio de trabajo se ubica al norte de la cuenca hidrográfica de Cointzio, localizada al suroeste de la ciudad de Morelia en el paralelo 19° 37' 57" de latitud norte y el meridiano 101° 14' 35" de longitud oeste INEGI (1998).

6.2 FISIOGRAFIA

El área superficial de la cuenca hidrográfica Cointzio es de 490 km² aproximadamente pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico Transversal y a la subprovincia Mil Cumbres de la región central, ubicada al norte del estado de Michoacán (INEGI, 2000), ahora llamado Cinturón Volcánico Mexicano, las mayores elevaciones en cada parteaguas de la cuenca de Cointzio son: Al norte El Remolino (2660 msnm), el Aguila (3080 msnm) y Sanambo (2620 msnm). Al sur El Burro (3280 msnm), Zimbicho (3140 msnm), Las Yeguas (3020 msnm), El Janamo (3140 msnm), Zoromútaro (3160 msnm), La Nieve (3440 msnm), La Alberca (3060 msnm), La Peñita (3020 msnm), El Pozole (2480 msnm), El Zopilote (2500 msnm), Peña Tajada (2440 msnm) y La Pitahaya (2340 msnm). Al este Las Animas (2560 msnm), El Venado (2460 msnm), Verde (2600 msnm) y Curimeo (2560 msnm). Al oeste El Frijol (3060 msnm), La Cantera (2860 msnm), La Cruz (2320 msnm) y Cerrito Prieto (2340 msnm). (Esparza y Trujillo *op cit*)

6.3 HIDROGRAFIA

El área de estudio pertenece a la Región Hidrológica Lerma - Santiago (RH-12), cuenca G incluye los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria y a la subcuenca del lago de Cuitzeo, según la carta hidrológica de aguas superficiales de INEGI (1998).

Dentro de la cuenca de Cointzio, el río Tupátaro recibe las corrientes temporales provenientes de los parteaguas norte y oeste, además de los aportes temporales y permanentes del parteaguas sur, entre los que destacan los ríos Canacucho, El Pedregal, San Andrés y La Palma, que confluyen en el canal San Juan. Al sureste, las presas de Loma Caliente y Umécuaro, actúan como receptores de aportes

hídricos, perenes y temporales y destaca aquí el Río Grande. Las aguas que alimentan la presa de Cointzio proceden de los cauces, el río Tiro y el canal San Juan, donde además confluyen una gran cantidad de arroyos y corrientes permanentes, como el río Santa Rosalía que sobresale por su importancia. Por último, una sección de la zona noreste de la cuenca, integrada por una red hidrográfica de tipo intermitente, alimenta de manera directa el vaso de almacenamiento de la presa con capacidad de operación es de 79.2 millones de metros cúbicos (Esparza y Trujillo, *op cit*).

6.4 CLIMA

En el área de estudio es templado subhúmedo con lluvias en verano, baja oscilación térmica, la marcha de temperatura es tipo Ganges (el mes más caliente se presenta antes de junio) C (w₁) (w) b (i') g, la temperatura media anual corresponde a 17.7°C y la precipitación media anual a 820.6 mm (García, 1981).

En la cuenca la precipitación es variable, siendo mayor en la parte media del área que en los extremos norte y sur. (Esparza y Trujillo, *op cit*).

6.5 GEOLOGIA

En la cuenca de Cointzio los valles incluyen rellenos de depósitos aluviales recientes y se sitúan sobre rocas ígneas que corresponden principalmente a toba riolítica del cuaternario. En la zona existen geoformas del segundo y tercer orden delimitadas por cerros y sierra con topografía abrupta. Las rocas expuestas más antiguas son de carácter tobáceo y composición riolítica; que sobreyacen a derrames andesíticos a menos de 30 km fuera del límite oriental del área, considerado de edad del oligoceno. En el plioceno medio - superior se sucedió una distensión de esfuerzos en la zona que originó fosas tectónicas de dirección sensiblemente E – W, los depósitos lacustres marcan una etapa de calma tectónica con aparición de cuencas endorreicas hacia el oriente de la ciudad de Morelia, siendo esta época en que también se originó la depresión del valle Morelia – Queréndaro (Valades, 1993)

Así el área de estudio se caracteriza por Ignimbritas del Mioceno medio, formadas por material piroclástico, diversamente soldado, de color rosa o pardo rojizo, depositadas

sobre lavas de composición andesítica; se observan tobas con composición riolítica debido a que el contenido de sílice (SiO_2) varía de 68.2 al 79.5% (Silva – Mora, 1995).

6.6 SUELO

En la zona cercana a la presa Cointzio se pueden encontrar Leptosol, Luvisol vértico, Luvisol crómico, Basalto, Vertisol pélico, Acrisol ortico (Olivares, 1993) De acuerdo a la clasificación de (FAO,1998) en las plantaciones se observa un Leptosol hiperesquelético caracterizado por ser un suelo con poca evolución, profundidad de 17 cm donde se diferenciaron tres horizontes: A ocrico con 7.8 % de materia orgánica, B cámbico con 3.32% y otro B cámbico con 2.7% y de 18cm a 40 cm se encuentra el suelo mezclado, tiene 30 % o más de arcilla, presenta una textura de franco a franco arcilloso como se muestran en el cuadro 3, en la figura 3, se observa que este suelo presenta contacto lítico de 40 cm en adelante, el 90% de gravas o fragmentos de roca están hasta una profundidad de 75 cm y más. La pendiente en el área de estudio varía aproximadamente de 13.54% a 40%. (Díaz, 2001).

Cuadro 3. Características físicas del suelo.

HORIZONTE		A OCRICO	B CAMBICO	B CAMBICO
PROFUNDIDAD		0 - 2 cm	2 - 15 cm	15 - 17 cm
COLOR EN SECO		10 Yr 5/3	10 Yr 5/4	10 Yr 6/4
COLOR EN HUMEDO		7.5 Yr 4/2	7.5 Yr 4/4	7.5 Yr 4/2
GRANULOMETRIA (%)	20 mm	0	100	0
	10 mm	0	74.78	25.22
	4.76 mm	3.66	82.82	13.52
	2.38 mm	14.83	84.45	0.71
	2.0 mm	49.26	41.28	9.46
	< 2.0 mm	48.36	37.06	14.58
	Ramas, raíces.	62.19	35.52	2.29
TEXTURA		Franco	Franco arcilloso	Franco arcilloso
ARENA (%)		36	30	27
LIMO (%)		42	41	40
ARCILLA (%)		22	29	33
pH		5.58	5.54	5.54
DENSIDAD APARENTE		0.87	1.06	1.08
DENSIDAD REAL		2.43	2.27	2.27
ESPACIO POROSO %		64.24	53.54	52.53
MATERIA ORGANICA %		7.80	3.32	2.71



Figura 3.- Perfil de Leptosol hiperesquelético (en plantaciones de Pinus michoacana).

(Identificado por Prof. Victor Tergulian)

6.7 VEGETACION

La vegetación esta muy relacionada con el uso del suelo y de acuerdo con Esparza y Trujillo (1986) en la cuenca de Cointzio se encuentran 8 comunidades de vegetación y dos áreas con especificación de uso y son: Bosque de Oyamel – Pino, Bosque pino – oyamel, Bosque pino – encino, Bosque de encino – pino, Bosque de encino (cuadro 5), Matorral subtropical, Matorral secundario, Pastizal inducido, área de reforestación, área agrícola.

De acuerdo con Díaz, (2001) en un pastizal inducido que se encuentra cerca de la cortina de la presa, la vegetación herbácea nativa se ha encontrado distribuida de la siguiente forma: 8 familias de las cuales las más representativas por número de especies son Compositae que representan el 31% del total, Gramineae representando un 26% y Oxalidaceae con un 14% del total. (Cuadro 4)

Cuadro 4.- Especies de vegetación herbácea encontradas en pastizal cerca de la Presa Cointzio. (Díaz, 2001)

FAMILIA	ESPECIE
Commelinaceae	<i>Tripogondra purpurascens</i> (Schaver). Handlos.
Compositae	<i>Cosmos parviflorus</i> (Jacq). HBK
Compositae	<i>Stevia serrata</i> Cav.
Compositae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.
Compositae	<i>Tagetes lunulata</i> Ort.
Compositae	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.
Compositae	<i>Verbesina parviflora</i> (HBK.) Blake.
Compositae	<i>Zexmenia aurea</i> (D.Don.) Benth
Convolvulaceae	<i>Evolvulus prostratus</i> H&B.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea capillacea</i> G. Don.
Cyperaceae	<i>Cyperus seslerioides</i> HBK
Malvaceae	<i>Sida barclayi</i> E.G.
Gramineae	<i>Aegopogon cenchroides</i> HBk.
Gramineae	<i>Digitaria ternata</i> (Rich.) Stapf.
Gramineae	<i>Lycurus phleoides</i> var. <i>phleoides</i> HBK.
Gramineae	<i>Paspalum nutatum</i> Flugge.
Gramineae	<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.
Leguminosae	<i>Aeschynomene americana</i> L.
Oxalidaceae	<i>Oxalis decaphylla</i> Cav.
Oxalidaceae	<i>Oxalis tetraphylla</i> Cav.
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.

Cuadro 5.- Especies arbóreas en la cuenca de Cointzio

COMUNIDAD DE VEGETACIÓN	ESPECIES
Bosque oyamel - pino	<i>Abies religiosa</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Quercus laurina</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Alnus firmifolia</i> , <i>Fraxinus uhdei</i> , <i>Clethra mexicana</i> y <i>Crataegus mexicana</i>
Bosque pino - oyamel	<i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Abies religiosa</i> , <i>Pinus leiophylla</i> , <i>P. lawsonii</i> , <i>Quercus obtusata</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. candicans</i> , <i>Q. crassipes</i> , <i>Garrya laurifolia</i> , <i>Crataegus mexicana</i> , <i>Arbutus xalapensis</i> , <i>Alnus firmifolia</i>
Bosque de pino - encino	<i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Quercus laurina</i> , <i>Pinus michoacana</i> , <i>Q. obtusata</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Pinus leiophylla</i> , <i>Q. crassipes</i> , <i>Pinus montezumae</i> , <i>Pinus michoacana</i> var. <i>cornuta</i> , <i>P. lawsonii</i> , <i>Q. castanea</i> , <i>Q. planipocula</i> , <i>Fraxinus uhdei</i> , <i>Garrya laurifolia</i> , <i>Prunus capuli</i> , <i>P. erythroxilon</i> , <i>Ilex</i> sp, <i>Carpinus caroliniana</i> , <i>Arbutus xalapensis</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>Alnus firmifolia</i> y <i>Clethra mexicana</i> .
Bosque de encino - pino	<i>Quercus laurina</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Abies religiosa</i> , <i>Alnus firmifolia</i> , <i>Prunus capuli</i> , <i>Pinus montezumae</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. obtusata</i> , <i>Q. castanea</i> , <i>Pinus michoacana</i> , <i>Pinus lawsonii</i> , <i>P. teocote</i> <i>Crataegus mexicana</i> y <i>Clethra mexicana</i> .
Bosque de encino	<i>Quercus castanea</i> , <i>Q. obtusata</i> , <i>Q. rugosa</i>

VII.-MATERIAL Y MÉTODOS

En general los pasos metodológicos que se siguieron para el desarrollo del presente trabajo están señalados en la figura 4, se inició con la revisión bibliográfica sobre el tema, se hizo la fotointerpretación para seleccionar los sitios después se hizo el diseño experimental, se obtuvieron los datos de campo y se analizaron los datos para integrarlos al escrito final. A continuación se explica a más detalle los materiales y métodos utilizados.

7.1 SELECCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Los sitios de arbolado se seleccionaron considerando las siguientes condiciones:

- Donde existieron árboles espaciados para que las copas no estén sobrepuestas.
- Las plantaciones fueron seleccionadas de una edad semejante.
- Se buscó que la estructura arbórea fuera similar entre las plantaciones.
- Los sitios tuvieron acceso rápido para su monitoreo

Con base en estas condiciones se eligieron seis sitios para medir interceptación arborea, seis sitios para interceptación de hojarasca y tres sitios para interceptación del pasto, tomando sus coordenadas UTM, ubicándolos posteriormente en un mapa base. Cuadro 6 y Fig. 5 De tal forma que se consideraron tres condiciones en el presente trabajo :

- a) Plantaciones de *Pinus michoacana* donde se seleccionaron tres sitios de 1000 m² cada uno para arbolado y tres sitios de 1m² para hojarasca de pino.
- b) Bosque de encino con tres sitios de 1000 m² cada uno para arbolado y tres sitios de 1 m² para hojarasca de encino, en ese bosque las especies más abundantes son *Quercus laurina*, *Q. obtusata*, *Q. crassipes*. Para medir el flujo caulinar se seleccionaron tres árboles de la especie *Q. obtusata* por presentar hojas todo el año.
- c) Pastizal. (zona sin árboles) seleccionando tres sitios de 1 m².

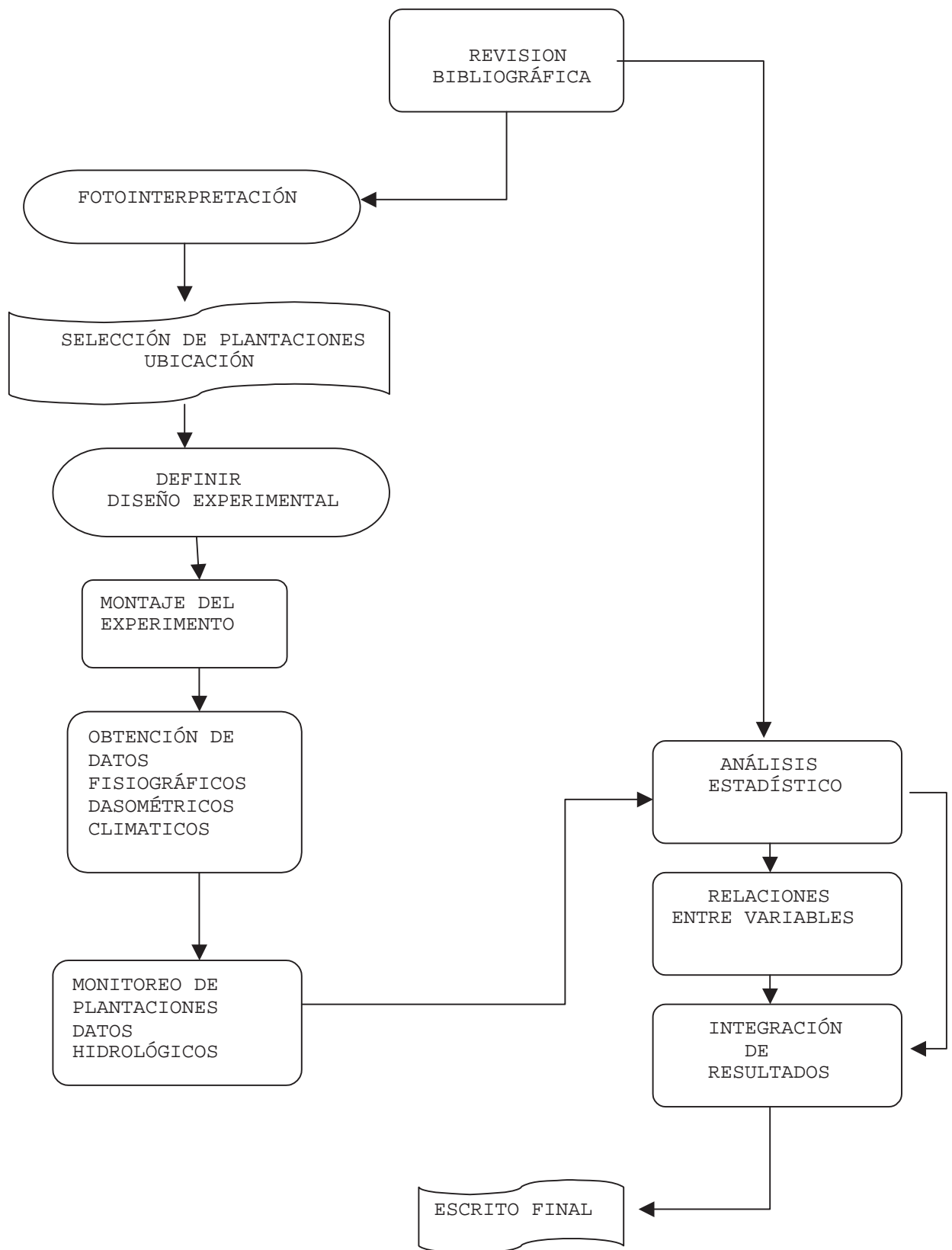


Figura 4.- Flujo metodológico.

Cuadro 6.- Ubicación de los sitios experimentales.

SITIOS	COORDENADAS	DESCRIPCIÓN
P1	X = 263 708 Y = 2 171 948	Plantación de <i>Pinus michoacana</i>
P2	X = 262918 Y = 2 172 310	Plantación de <i>Pinus michoacana</i>
P3	X = 264 874 Y = 2 171 665	Plantación de <i>Pinus michoacana</i>
Q1	X = 264 274 Y = 2 170 257	Bosque de <i>Quercus obtusata</i> , <i>Quercus laurina</i> , <i>Q. crassipes</i>
Q2	X = 264 202 Y = 2 170 220	Bosque de <i>Quercus obtusata</i> , <i>Quercus laurina</i> , <i>Q. crassipes</i>
Q3	X = 264 333 Y = 2 170 215	Bosque de <i>Quercus obtusata</i> , <i>Quercus laurina</i> , <i>Q. crassipes</i>
Z1	X = 264 422 Y = 2 170 878	Pastizal inducido
Z2	X = 264 148 Y = 2 170 887	Pastizal inducido
Z3	X = 263 749 Y = 2 170 214	Pastizal inducido

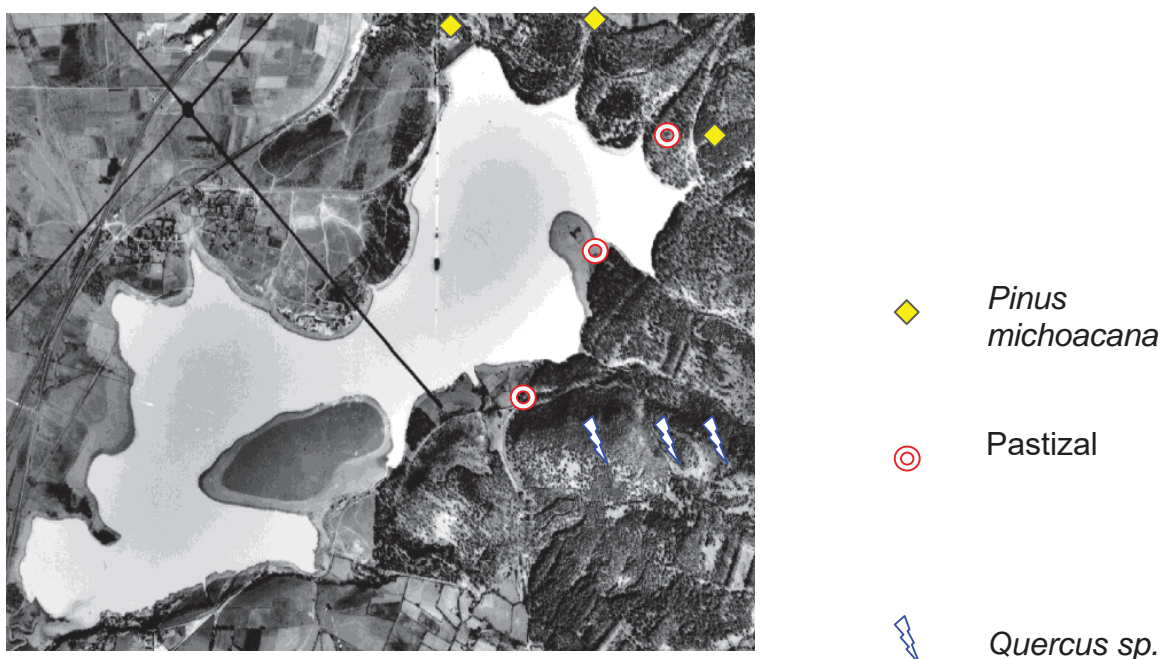


Figura 5.- Ubicación de sitios de muestreo.

7.2 PARÁMETROS MEDIDOS POR SITIO.

Se consideró que en el proceso de interceptación hay variables que determinan el inicio del proceso y que al final existen variables que son el resultado del mismo entonces decimos que las variables de entrada que se midieron en cada sitio de arbolado fueron:

- 1) Altura (m)
- 2) Cobertura (%)
- 3) Diámetro de copa (m)
- 4) Diámetro del tronco y al 1.30 m (cm)
- 5) Precipitación fuera de la plantación (mm)

Y las variables de salida que son el resultado del proceso de interceptación para los sitios de arbolado fueron:

- 1) Precipitación dentro de la plantación (mm)
- 2) Flujo caulinar (mm)
- 3) Interceptación del arbolado (mm)
- 4) Humedad del suelo(%)
- 5) Infiltración del agua (mm/hr)

En los sitios de pastizal y hojarasca los parámetros que se midieron fueron:

- 1) Precipitación (mm)
- 2) Interceptación (mm)
- 3) Humedad del suelo (%)
- 4) Infiltración del agua (mm/hr)

Para los sitios de pastizal y hojarasca la precipitación es la variable de entrada con la excepción de que es constante para todos los sitios por la utilización de un simulador de lluvia portátil de campo para áreas pequeñas de tipo nebulizador. Y las variables de salida son interceptación, humedad e infiltración.

En el cuadro 7 se enlistan los parámetros medidos para el desarrollo del presente trabajo, los datos fisiográficos para caracterizar los sitios, los dasométricos para caracterizar las plantaciones de *Pinus michoacana* y el bosque de encino, la edad solo se midió para las plantaciones de pino para comprobar que las plantaciones

tienen una edad similar, los datos hidrológicos son para calcular la interceptación en todos los sitios y relacionarla con la humedad del suelo e infiltración.

Cuadro 7.- Obtención de datos de campo

TIPO DE DATOS	PARÁMETROS	MEDICIÓN
FISIOGRÁFICOS	UBICACIÓN (UTM)	Carta topográfica E14A23 Aerofotos, Geoposicionador Garmin 3 plus
	PENDIENTE (%)	Clinómetro Suunto Tandem - 360
	EXPOSICIÓN (dirección)	Brújula
	ALTITUD (msnm)	Altímetro Tomen Classic
DASOMETRICOS	EDAD (años)	Taladro de Presler Suunto
	ALTURA (m)	Pistola Haga e Hipsómetro Haglof electrónico
	COBERTURA (%)	Densitómetro
	DIÁMETRO DE COPA	Longímetro de 100 m Mod. FG 9901
	DIÁMETRO (DT Y DAP en cm)	Cinta diamétrica de 5 m
HIDROLÓGICOS	PRECIPITACIÓN	Pluviómetro
	FLUJO CAULINAR	Collarines alrededor del tronco
	INTERCEPTACION	ARBOREA: $I_n = P - (A_c + A_t)$ Henao 1988. PASTIZAL - HOJARASCA: Simulador de lluvia convencional (minisimulador con nebulizador)
	HUMEDAD EN EL SUELO	TDR 300 Medidor de humedad en el suelo.
	INFILTRACIÓN	Infiltrómetro de doble anillo

7.3 OBTENCIÓN DE DATOS

Para la evaluación de cada plantación se delimitó un sitio de 1000 m² considerando que es el área mínima representable para evaluación de zonas de arbolado en donde se obtuvieron los datos fisiográficos, dasométricos e hidrológicos descritos en el cuadro 7, utilizando el método del Sistema Agrológico Forestal (Gómez Tagle, 1997) .

7.3.1 FISIAGRÁFICOS

Se obtuvieron los datos fisiográficos de cada sitio de muestreo como la ubicación utilizando la carta topográfica E14A23, aerofotos y un geoposicionador Garmin 3 plus, la pendiente obtenida en porcentaje con un clinómetro, la exposición del sitio obtenida con una brújula y la altitud medida con un altímetro convencional (Tomen Classic), para la caracterización de cada sitio.



Figura 6.- Altímetro, clinómetro y GPS utilizados en las mediciones fisiográficas.

7.3.2. DASOMÉTRICOS

Los datos dasométricos que se obtuvieron fueron: la edad para las plantaciones de *Pinus michoacana*, taladrando el tronco del árbol a 1.30 m de altura con un taladro de Presler Suunto, en los sitios de bosque de encino no se puede obtener la edad porque en esta madera no se aprecian anillos de crecimiento, además para los fines del presente trabajo la edad solo es de referencia para comprobar que las plantaciones sean de edad semejante, la altura se obtuvo en todos los sitios con una pistola Haga, Hipsómetro Haglof electrónico y Longímetro. La cobertura se obtuvo en porcentaje con un densitómetro el cual es un espejo cóncavo cuadrículado a 1cm², el número total de

cuadros es el 100% se hicieron cuatro mediciones por árbol anillado y en el centro del sitio con exposición N, S, E, O y en pastizal se buscó el 100 % de cobertura en un m². El diámetro de copa se obtuvo con un longímetro de 100 m en los sitios con arbolado. El diámetro del tronco y el diámetro a 1.30 m de altura se obtuvo con una cinta diamétrica de 5m. (fig. 7 y 8)

Con los datos obtenidos de distancia promedio entre árboles y la altura promedio de los árboles dominantes, se obtuvo el índice de espaciamiento considerado como una medida de densidad según Torres y Magaña (2001) con la finalidad de comparar entre sitios la densidad y se define como:

$$IE = DP/H$$

Donde: DP es la distancia promedio entre árboles y H es la altura media dominante del 10% del sitio

Otro índice que se calculó fue la razón entre la altura de la copa y la altura total de los árboles dominantes conocido como Índice de vigor expresado en Torres y Magaña (2001) como:

$$IV = HC/H$$

Donde: HC es la altura de la copa y H altura media dominante del 10% del sitio

El índice de incremento en diámetro se obtuvo al relacionar el diámetro promedio al 1.30 entre la altura media dominante del 10% del sitio. Torres y Magaña (*op. cit*) como:

$$ID = DAP/H$$

Donde DAP es el diámetro promedio a 1.30 m y H es la altura.



Figura 7.- Longímetro, cinta diamétrica, Hipsómetro y brújula, utilizados en mediciones dasométricas.



Figura 8.- Medición de diámetro de copa en el sitio 2 de encinos.

7.3.3. HIDROLÓGICOS

La precipitación se midió en cada sitio con un pluviómetro convencional fuera de cada sitio de 1000 m² para obtener la precipitación total, dentro de cada sitio de arbolado se seleccionaron tres árboles representativos del sitio y se colocó un pluviómetro debajo de cada árbol anillado para obtener la precipitación interfoliar y el flujo caulinar entendido como el escurrimiento de agua por el tronco del árbol, se realizó instalando collarines de plástico alrededor del tronco de los tres árboles seleccionados para la precipitación interfoliar por sitio y se conectó un tubo de plástico a un recipiente donde se colectó el volumen de agua escurrido.



Fig. 9.- Pluviómetros

7.3.4 INTERCEPTACIÓN

Henao (1988) define la interceptación como el proceso por el cual la lluvia es atrapada y retenida por el follaje, ramitas y ramas de los árboles, arbustos y otras especies vegetativas.

Para el arbolado se calculó con la siguiente fórmula:

$$I = P - (Ac + At)$$

Donde:

I = Interceptación neta, es decir pérdida de agua por interceptación.

P = Precipitación total

Ac = Precipitación bajo los árboles, también entendido como el agua que sobre pasa las copas de los árboles.

At = Flujo caulinar o dicho de otra manera el agua que resbala por los troncos.

La interceptación neta aumenta cuando las ramas son más gruesas y horizontales y en las hojas cuando estas tienen posición ligeramente horizontal y de mayor superficie.

Además varía con el tipo de lluvia y su intensidad:

a) Cuando las lluvias son pequeñas y lentas el porcentaje de interceptación puede ser de 75% a 100%

b) En el caso de lluvias copiosas y rápidas la interceptación oscila de 4% a 40%.

Otro factor que influye en la interceptación es la especie y densidad de la masa:

a) A mayor densidad de copas, mayor porcentaje de interceptación

b) A mayor densidad arbórea mayor porcentaje de interceptación.

La edad de la masa es otro factor, generalmente las masas de árboles jóvenes interceptan más lluvia que los árboles adultos.

En síntesis la interceptación se midió en milímetros por medio de tres aspectos de medición:

a) Utilizando pluviómetros colocados bajo los árboles para saber la cantidad de agua que atravesó las copas, tres en cada sitio

- b) Colocando collarines que rodearon los troncos para conocer la cantidad de agua que resbala por el tronco (flujo caulinar), tres en cada sitio.
- c) Pluviómetros colocados en lugares abiertos donde se midió la precipitación total, uno fuera de cada sitio.

El material que se utilizó para medir el flujo caulinar fue: lámina galvanizada, manguera y garrafones construyendo collarines en forma de canal que se colocaron alrededor del tronco del árbol, éste canal va conectado a una manguera de ½ pulgada y ésta a su vez desemboca en un recipiente. Fig. 10



Figura 10.- Material para medición del flujo caulinar.

La interceptación total se calculó considerando los componentes de la figura 11 y las siguientes fórmulas:

$$\text{Interceptación total} = I_c + I_l$$

La recarga de agua al suelo forestal = $T_h + S_f$

La interceptación por la cobertura arborea es: $I_c = P_g - T_h - S_f$

La precipitación neta es: $P_n = T_h + S_f - I_l$

P_g = Precipitación total

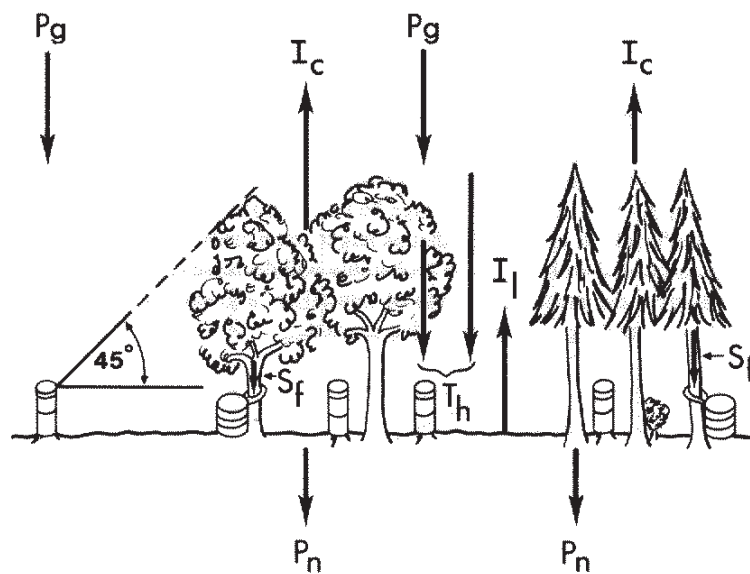
P_n = Precipitación neta

I_c = Interceptación de cobertura arbórea.

I_l = Interceptación del mantillo

S_f = Flujo fustal

T_h = Flujo a través del follaje



**Figura 11.- Componentes del proceso de interceptación
(Brooks et.al., 1991).**

Los datos se estandarizaron para poder comparar el volumen de precipitación que pasa por la copa del árbol con el volumen de agua que escurre por los troncos y el agua que se queda atrapada en la copa del árbol. Primero se calculó la superficie de copa y se multiplicó por la altura de copa la cual se obtuvo restando la altura de fuste a la altura total, para obtener el volumen de copa, después el volumen del pluviómetro se

multiplicó por los mm de flujo caulinar y se dividió entre el volumen de copa. Con los datos estandarizados en mm se calculó la interceptación con las fórmulas antes mencionadas.

7.3.4.1. INTERCEPTACIÓN NEGATIVA Y PRECIPITACIÓN HORIZONTAL.

La interceptación negativa es otro componente del proceso de interceptación y se presenta por lo general en lugares de niebla, donde los pluviómetros colocados bajo los árboles captan más agua que los colocados en campo abierto. Esto ocurre porque la niebla se condensa en forma de pequeñas gotas con movimiento horizontal sobre las copas de los árboles, se van uniendo unas con otras para aumentar su volumen y luego se escurren al suelo.

A este fenómeno se le conoce como precipitación horizontal o condensación oculta.

Cuando los pluviómetros de campo abierto no captan agua, toda la que se recoge bajo los árboles será la precipitación horizontal.

Cuando un pluviómetro de campo abierto tiene menos agua que el colocado bajo los árboles, la diferencia de las dos mediciones es la cantidad de agua en que la precipitación horizontal excede a la interceptación.

Este componente del proceso de interceptación se puede o no presentar y explicó algunas mediciones de campo.

7.3.5. EVAPOTRANSPIRACIÓN

De acuerdo con Ledesma (2000), la evapotranspiración potencial es la máxima cantidad de agua que se pierde por la evaporación del suelo más el agua evaporada por la transpiración de las plantas que se encuentran en él y comenta que es el método más usado a nivel mundial con aplicación a balance hídrico general.

Según Ortiz (1984), el método de Thornthwaite para estimar la evapotranspiración potencial es el más usado a nivel mundial y al analizar con otras ecuaciones concluye que este método tiende a subestimar la evapotranspiración potencial.

Para las finalidades del trabajo se consideró que este método es apropiado, por lo que se utilizó la ecuación empírica de Thornwaite para calcular la evapotranspiración potencial del área de estudio.

$$E = 1.6 (10T/I)^a$$

Donde:

E= evaporación potencial mensual en cm ó mm de altura de agua.

T= la temperatura media mensual de la estación.

I y a = constantes de cada lugar.

Los datos de evapotranspiración, temperatura y precipitación se utilizaron para elaborar el climograma del área de estudio y se obtuvieron de la caseta meteorológica de Cointzio con clave 16022 y la intensidad de la lluvia de la caseta meteorológica de Morelia con clave 16080 de la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional, datos obtenidos por el Lic. Geog. José Antonio León Chávez.

7.3.6. HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo es la cantidad de agua que se encuentra por unidad de volumen de suelo. En todos los sitios se obtuvo con un Field ScoutTM TDR 300 el cual mide el contenido de agua del suelo en porcentaje. La humedad del suelo se realizó a una profundidad de 20 cm y una distancia de 1.5 m del árbol utilizado para medir el flujo caular y en el centro del sitio, en total fueron 4 mediciones por sitio con suelo seco y 4 mediciones por sitio con el suelo húmedo, se utilizó el simulador de lluvia portátil de campo, las mediciones se hicieron entre los meses de abril y mayo (cuando el suelo esta más seco).

7.3.7- INFILTRACION

Es la propiedad que permite conocer la entrada de agua al suelo por unidad de tiempo. Se midió con un infiltrómetro de doble anillo de marca Turstec (figura 12), con hojarasca y sin hojarasca en los tres sitios de pino, en los tres sitios de encino y en los tres sitios de pastizal, una medición por sitio entre los meses de abril y mayo, midiendo hasta que el valor de mm de agua se repitiera mas de tres veces al aumentar el tiempo.



Figura 12.- Infiltrómetro de doble anillo

7.3.8 INTERCEPTACIÓN DE LA HOJARASCA

La interceptación por la hojarasca fue medida con un simulador de lluvia portátil de campo para áreas pequeñas a una presión constante por medio de una mochila de aspersión generalmente utilizada en actividades agronómicas y conectada a un sistema de irrigación de 2.5 m con nebulizadores y soportado en una estructura tubular de aluminio, utilizando una malla de 0.2 mm de apertura y 0.18 m² de superficie (fig. 13), cortando la hojarasca con tijeras alrededor de la malla para colocar la muestra de hojarasca del tamaño apropiado y por debajo de la malla una charola con profundida de 15 cm para captar el agua que atraviesa la capa de hojarasca, la intensidad de la lluvia fue de 8.5 mm/hr con una duración de 3 minutos y tres repeticiones en cada sitio (fig. 14)



Figura 13.- Obtención de muestra de hojarasca con malla y tijeras.



Fig. 14.- Medición de interceptación de lluvia por hojarasca.

7.3.9 INTERCEPTACION DEL PASTIZAL

Los pastizales evaluados en este trabajo fueron áreas que en tiempo de sequía son localizados al bordo de la presa por la desecación del vaso e inducidos por el pastoreo de ganado vacuno y equino. La interceptación del pastizal se midió con el simulador de lluvia portátil de campo aplicando el mismo método de la interceptación de la hojarasca. En los tres sitios de pastizal se midió la humedad e infiltración el mismo día que se obtuvo la interceptación del pasto.



Figura 15.- Manejo actual de los pastizales en el área de estudio.

7.4.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se adaptó un diseño de bloques a un grupo de unidades diferenciadas por el tipo de vegetación y con igual número de repeticiones de tal forma que las unidades de vegetación son: 1) Tres plantaciones de *Pinus michoacana*, 2) Tres sitios con bosque de *Quercus sp.* y 3) Tres sitios en área de pastizal (fig.16). En cada sitio se seleccionaron tres árboles anillándolos para medir el escurrimiento de agua por la superficie del tronco en 17 eventos de lluvia, con la finalidad de comparar cuantitativamente la interceptación de las plantaciones de *Pinus michoacana* con bosque de encinos y área de pastizal inducido.

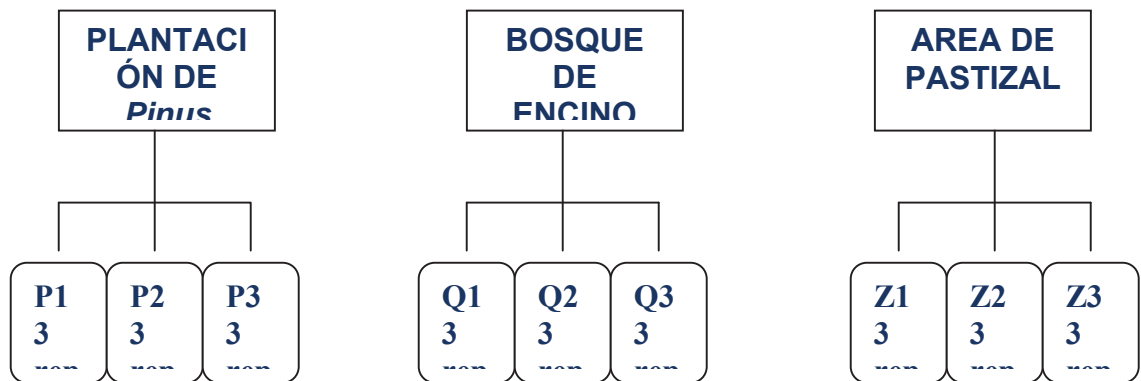


Figura 16.- Diseño experimental

En base al diseño se procedió al análisis estadístico con un análisis de correlaciones, análisis de componentes principales y regresión múltiple para conocer las relaciones de las variables entre los sitios de un mismo tipo de vegetación así como conocer qué variables explican más el proceso de interceptación, además análisis de agrupamiento para encontrar algunas relaciones entre los sitios y por último pruebas de ANOVA para comprobar las diferencias entre los tipos de vegetación de los distintos sitios, para esto se utilizaron los programas Statistica 6.0 Windows para regresión múltiple, el análisis de agrupamiento y componentes principales, SPSS v. 9.0 para las correlaciones, Origin 4.0 para el análisis de varianza y Microsoft excel 2000 para captura de datos.

VIII.- RESULTADOS.

8.1 FISIAGRÁFICOS

Los datos fisiográficos que se obtuvieron son: la ubicación de los sitios en coordenadas UTM, la pendiente en porcentaje en donde se observa que es mayor en la zona de encinos que en la de pino; la exposición norte predomina en el encinar mientras que en las plantaciones de pino y pastizal predomina la exposición sur; la altitud varía de 2020 msnm hasta los 2130 msnm. Cuadro no. 8 ,9 y 10

Cuadro 8.- Datos fisiográficos obtenidos en la zona de pinos.

SITIO	P1	P2	P3
UBICACIÓN (UTM)	X = 263 708 Y = 2 171 948	X = 262918 Y = 2 172 310	X = 264 874 Y = 2 171 665
PENDIENTE (%)	12	32	15
EXPOSICIÓN	S	SW	SW
ALTITUD (msnm)	2060	2080	2130

Cuadro 9.- Datos fisiográficos en la zona de encinos.

SITIO	Q1	Q2	Q3
UBICACIÓN (UTM)	X = 264 274 Y = 2 170 257	X = 264 202 Y = 2 170 220	X = 264 333 Y = 2 170 215
PENDIENTE (%)	42	36	44
EXPOSICIÓN (dirección)	N	NW	NE
ALTITUD (msnm)	2050	2110	2100

Cuadro 10.- Datos fisiográficos en la zona de pastizal.

SITIO	Z1	Z2	Z3
UBICACIÓN (UTM)	X = 264 422 Y = 2 170 878	X = 264 148 Y = 2 170 887	X = 263 749 Y = 2 170 214
PENDIENTE (%)	10	7	10
EXPOSICIÓN (dirección)	S	S	SE
ALTITUD (msnm)	2050	2020	2040

8.2 DASOMÉTRICOS

Los datos dasométricos que se obtuvieron en los sitios de *Pinus michoacana* y bosque de *Quercus sp*, están descritos en el cuadro 11, y se muestra que en promedio la altura total fue mayor en los sitios de pino de 14m a 18.5m, mientras que en los encinos fue de 8m a 12.6m, el número de árboles es mayor en los encinos de 370 a 490 árboles por hectarea y en los sitios de pino fueron de 180 a 280 árboles por hectárea, los diámetros del tronco y de copa son mayores en los sitios de pino que en los encinos. Se calculó el índice de espaciamiento que es la relación de la distancia que hay entre árboles y la altura obteniéndose mayor índice de espaciamiento en los sitios de encino en comparación con los pinos con lo que se confirma, que existe mayor densidad de copas en los sitios de pino, pues a menor índice, el espaciamiento es cerrado y a mayor índice el espaciamiento es mas amplio. En el incremento en diámetro con respecto a la altura no se observa una diferencia importante entre los sitios y en cuanto al índice de vigor se observa que es mayor en encinos que en pino con excepción en el sitio 2 de pino donde se obtuvo el valor mas alto de 0.89 m lo cual se explica por ser un sitio con menor altura de fuste limpio, es decir mayor cantidad de ramas y fue donde se obtuvo el menor índice de espaciamiento. (cuadro 12). En el cuadro 13 se observa a mas detalle los valores de edad, tiempo de paso, longitud de los 10 anillos y espesor de la corteza para los árboles de coníferas anillados para medir el escurrimiento a través del tronco.

Cuadro 11.- Resultados promedio de datos dasométricos por sitio

SITIO	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
ARB/HA	180	280	180	470	490	370
DIST. (m)	10.14	10.03	10.44	10.62	10.67	9.18
ALTURA (m)	14.00	18.50	14.50	10.80	12.60	8.00
H FUSTE L(m).	5.83	2.05	6.30	2.91	3.39	2.22
HCOPA (m)	8.17	16.45	8.20	7.89	9.21	5.78
DAP (cm)	18.59	27.91	37.33	20.33	21.54	21.41
DT (cm)	24.97	31.10	44.43	27.65	28.27	26.12
DCOPA (m)	4.03	6.04	6.50	5.84	5.07	4.87

Cuadro 12.- Resultados de índice de espaciamiento, incremento diamétrico e índice de vigor por sitio.

SITIO	IE (m)	ID (m)	IV (m)
P1	0.72	0.01	0.58
P2	0.54	0.02	0.89
P3	0.72	0.03	0.57
Q1	0.98	0.02	0.73
Q2	0.85	0.02	0.73
Q3	1.15	0.03	0.72

Cuadro 13.- Resultados de la edad, tiempo de paso, longitud de los 10 anillos y espesor de la corteza en los árboles anillados de pino

SITIO	ARBOL	EDAD (años)	TP (anillos)	L10a (cm)	Corteza (cm)
P1	1	30	9	2.8	4.5
	2	29	11	2.2	3.5
	3	30	13	1.8	2.9
P2	1	29	9	2.8	3.5
	2	25	11	2.3	2.6
	3	26	9	2.8	3.4
P3	1	43	12	2.1	5.2
	2	40	11	2.2	4.0
	3	38	15	2.0	4.5

El espesor de la corteza de pino varía de 2.5 cm hasta 5 cm, los valores más altos están en P3 que incluye los árboles 7,8 y 9, mientras que en P2 que incluye a los árboles 4, 5 y 6 tienen los valores menores entre 2.5 cm y 3.5 cm y en P1 donde se encuentran los árboles 1, 2 y 3 son valores medios entre 3 cm y 4.5 cm.

La edad en el sitio P1 nos muestra que la plantación tiene alrededor de 30 años, en el sitio P2 la plantación tiene entre 25 años y 29 años, este sitio está resguardado por la comisión nacional del agua, próximo a la cortina de la presa y han implementado planes de reforestación a distintos tiempos recuperando los árboles que no se habían logrado de ahí la variación en edad y en el sitio P3 la plantación tiene entre 38 años y 43 años, en este sitio la variación de edad también se debe a reposición de árboles pero en este caso se debe al impacto de incendios forestales muy frecuentes en esa plantación por lo accesible a turistas de fin de semana.

El diámetro de copa en los sitios de encinos varía en promedio de 4.4 m a 6.3 m y en los sitios de pino varía entre 5.8 m a 6.8 m por lo que se puede observar que existe menos variación en los sitios de pino por ser plantaciones, fig. 17

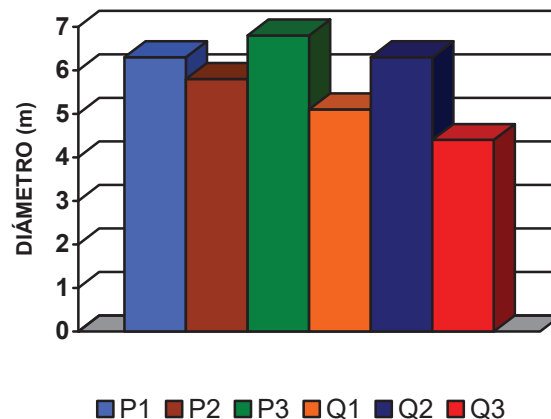


Figura 17.- Diámetro de copa en árboles anillados de pino y encino.

En el diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro del tronco (DT) se observa en el cuadro 11, mayor variación en los sitios de pino y menos en los de encino. En los sitios de pino el diámetro a 1.30 m de altura (DAP) se encuentra entre 18.6 cm a 37.33 cm en promedio mientras que en los sitios de encinos es de 20 cm a 21.5 cm observándose una variación menor que en los sitios de pino.

El diámetro del tronco en los sitios de pino es de 24.9 cm a 44.4 cm y en encinos de 26.1 cm a 28.2 cm.

La cobertura para cada sitio fue obtenida en porcentaje observando que el valor máximo se encuentra en el sitio 2 de pino y el valor mínimo en el sitio 1 de encino. En general la cobertura es mayor en los sitios de pino en un rango de 87% a 97% y es menor en los sitios de encino en un rango de 50% a 93%. Cuadro 14 y 15

En la figura 18 observamos que la cobertura es muy similar en los sitios P1 y P3 y en la figura 19 los sitios más similares en cuanto a cobertura son Q2 y Q3, es decir que en los sitios de pino predomina 88% de cobertura y en encino entre 86% y 89%. En el sitio P2 fue donde se encontró la mayor cobertura por ser árboles que no se han tratado para aprovechamiento maderable (figura 18)

Cuadro 14.- Cobertura arbórea en porcentaje por sitio de pino.

SITIO	CENTRO	A1	A2	A3
P1	87	88	88	87
P2	97	97	95	96
P3	88	88	88	88

Cuadro 15.- Cobertura arbórea en porcentaje por sitio de encino

SITIO	CENTRO	A1	A2	A3
Q1	50	88	93	88
Q2	88	86	88	83
Q3	89	93	93	79

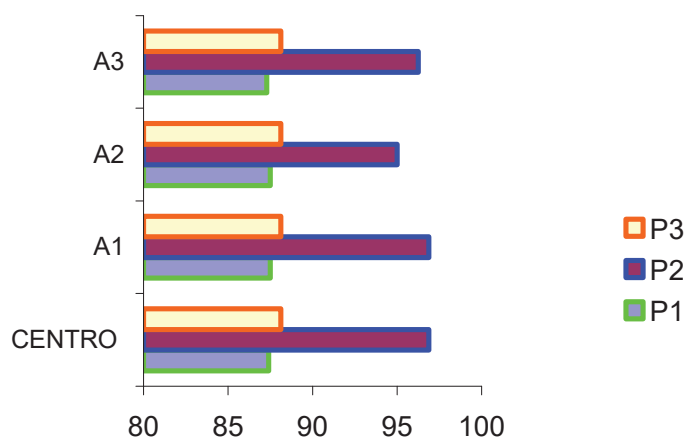


Figura 18.- Cobertura arbórea en sitios de pino (%).

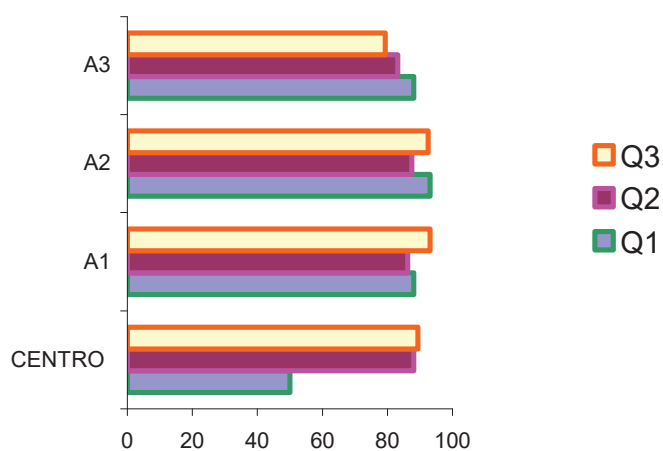


Figura 19- Cobertura arbórea en sitios de encino (%)

8.3 DATOS HIDROLÓGICOS

Los datos hidrológicos que se midieron fueron: precipitación, flujo caulinar, flujo a través del follaje, para medir y calcular la interceptación de la lluvia por plantaciones de *Pinus michoacana*, en bosque de encino se seleccionaron arboles de la especie *Quercus obtusata* y fueron anillados, estos presentaron hojas todo el año y posteriormente se comparó con áreas de pastizal, la humedad del suelo e infiltración fueron variables de referencia para relacionar con la interceptación pluvial, utilizando los métodos descritos en el capítulo de materiales y métodos.

8.3.1 PRECIPITACIÓN

Los datos climáticos fueron obtenidos de la estación climática Cointzio ubicada a 19 ° 36´ latitud N y 101° 18´ W longitud oeste a un lado de la cortina de la presa y altitud de 2000 msnm. La estación se encuentra a cargo de la Comisión Nacional del Agua.

Con los datos climáticos mensual se elaboró un climograma para el año 2004 tiempo en el que se obtuvieron los datos de precipitación e interceptación (fig. 20) y se observó que la evapotranspiración supero en gran medida a la precipitación en el periodo de noviembre - abril, mientras que en el periodo de lluvias de junio a octubre la precipitación excede a la evapotranspiración, la precipitación total fue de 1073.7 mm. La temperatura promedio mensual fue de 18°C y la máxima en el mes de abril de 21.3°C. La evapotranspiración fue de 789.2 mm que equivale al 73.5 % de la precipitación total.

Después se elaboró un climograma con el promedio mensual de los últimos 64 años de registro de la caseta climática de Cointzio (figura 21) y se obtuvo que la precipitación promedio anual fue de 850.5 mm, el promedio mensual por año de temperatura fue de 12°C y la máxima mensual por año es en junio de 14°C. El promedio anual de evapotranspiración fue de 597.4 mm que equivale al 70.2 % de la precipitación media anual.

En general el año 2004 fue un año lluvioso, las mayores precipitaciones se concentraron de finales de mayo a septiembre, fue un año más cálido en los meses de abril y mayo y la evapotranspiración fue alta con un 3.3% más que la media anual.

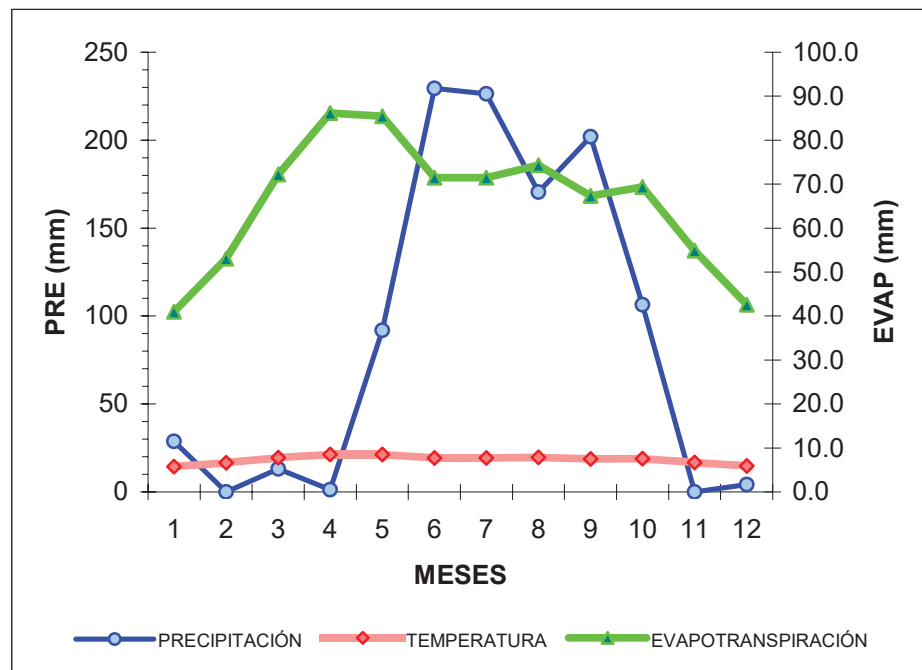


Figura 20 .- Climograma para la zona de la presa Cointzio año 2004.

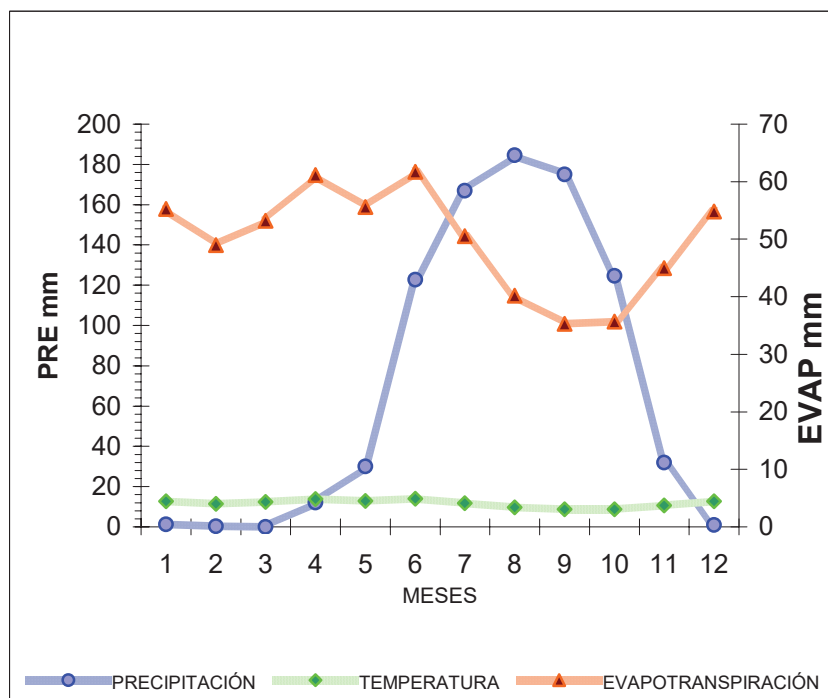


Figura 21.- Climograma de Cointzio de 1940 a 2004

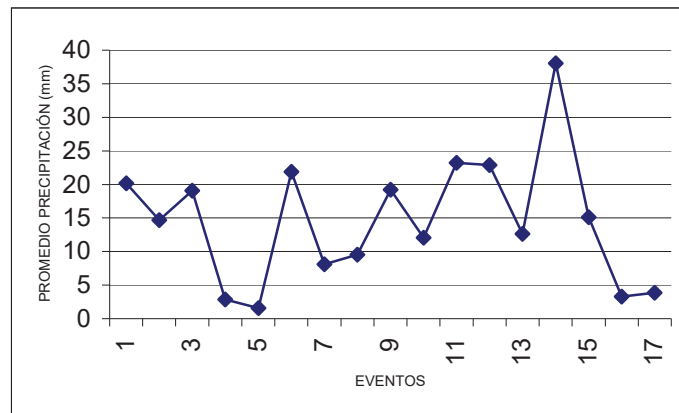


Figura 22.- Precipitación (mm) de Junio a Noviembre del 2004.

En la fig. 22 se expresa la precipitación medida en campo en los sitios de pino y encino, en total fueron 17 eventos sumando un total de 250 mm, obteniendo la máxima frecuencia de 20 mm y se utilizó este valor para estandarizar a 20 mm de precipitación en los cálculos de flujo caulinar y por follaje. En la fig. 23 se expresa la intensidad de la lluvia obtenida en una hora por mes durante el año 2004, estos datos fueron obtenidos de la estación Morelia, debido a que en la estación Cointzio no tienen en funcionamiento un pluviógrafo, estos datos se utilizaron como referencia sobre la zona para calcular la intensidad mínima mas frecuente de intensidad de la lluvia aplicable a la construcción del simulador de lluvia y se obtuvo que el rango estaría entre 5 a 10 mm/hr al final el simulador de lluvia mantiene una intensidad de 8.5 mm/ hr.

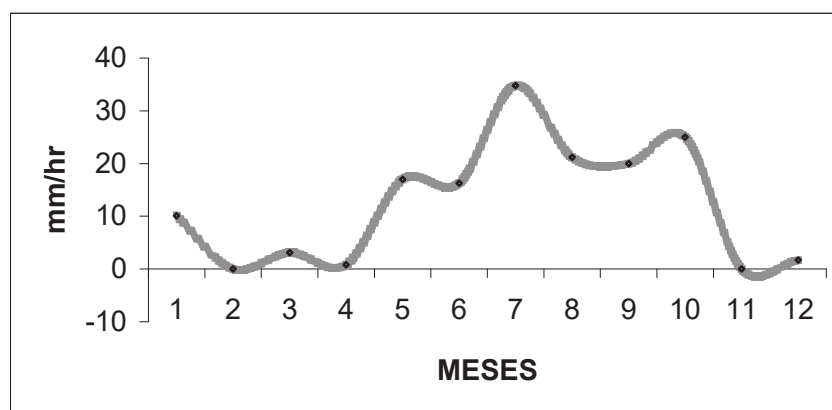


Figura 23.- Intensidad de la lluvia máxima observada en una hora por mes en el año 2004.

8.3.2.-FLUJO CAULINAR Y FLUJO POR FOLLAJE

Se obtuvo el flujo caulinar en los 3 árboles anillados en las tres plantaciones de pino y los tres sitios de encino en 17 eventos en que se midió el volumen de agua en mm. En el cuadro 16 se muestra el número de sitio SAF, el número asignado al árbol anillado de cada sitio y la especie.

Como se dijo anteriormente el flujo caulinar es el flujo de agua que pasa por el tronco de los árboles para llegar al suelo, mientras que el flujo interfoliar es el que atraviesa la copa de los árboles y gotea directamente al suelo forestal.

En la figura 24 y 25 se observa que el flujo interfoliar es muy variable entre pino y encino, en el cuadro 17 los valores para encino varían en un rango de 6.3 mm a 19.9 mm y de 10.3mm a 19.9 mm para pinos, en general existe una tendencia a ser más variable en encinos que en las plantaciones de pino.

Cuadro 16.- Árboles anillados para medir el flujo fustal.

SITIO SAF	ARBOL ANILLADO	GENERO
1	1	<i>Pinus michoacana</i>
1	2	<i>Pinus michoacana</i>
1	3	<i>Pinus michoacana</i>
2	4	<i>Pinus michoacana</i>
2	5	<i>Pinus michoacana</i>
2	6	<i>Pinus michoacana</i>
3	7	<i>Pinus michoacana</i>
3	8	<i>Pinus michoacana</i>
3	9	<i>Pinus michoacana</i>
4	10	<i>Quercus obtusata</i>
4	11	<i>Quercus obtusata</i>
4	12	<i>Quercus obtusata</i>
5	13	<i>Quercus obtusata</i>
5	14	<i>Quercus obtusata</i>
5	15	<i>Quercus obtusata</i>
6	16	<i>Quercus obtusata</i>
6	17	<i>Quercus obtusata</i>
6	18	<i>Quercus obtusata</i>

Cuadro 17.- Flujo interfoliar por sitio en 17 eventos.

EVENTOS	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
1	18.9	17.3	19.8	18.6	19.0	19.0
2	18.6	15.8	18.0	17.4	18.8	18.5
3	10.3	18.1	17.7	14.0	15.0	13.2
4	10.8	18.6	18.9	19.0	12.9	6.3
5	11.0	14.5	17.3	19.0	14.5	7.5
6	18.5	16.2	16.4	18.0	19.1	17.9
7	12.4	17.5	16.4	18.2	16.4	12.1
8	15.9	16.4	19.6	19.3	17.3	18.2
9	13.6	19.2	18.5	18.8	18.9	16.1
10	17.4	16.4	16.9	19.5	15.5	13.3
11	14.6	17.4	18.9	19.4	19.4	14.1
12	19.9	16.4	17.8	19.3	19.9	15.0
13	18.7	16.3	14.7	17.6	14.6	14.1
14	19.0	19.3	18.1	19.0	19.0	15.0
15	12.5	17.7	15.3	19.1	19.4	16.4
16	17.6	13.3	17.9	17.3	10.7	9.5
17	15.8	14.6	16.7	15.0	15.4	10.5

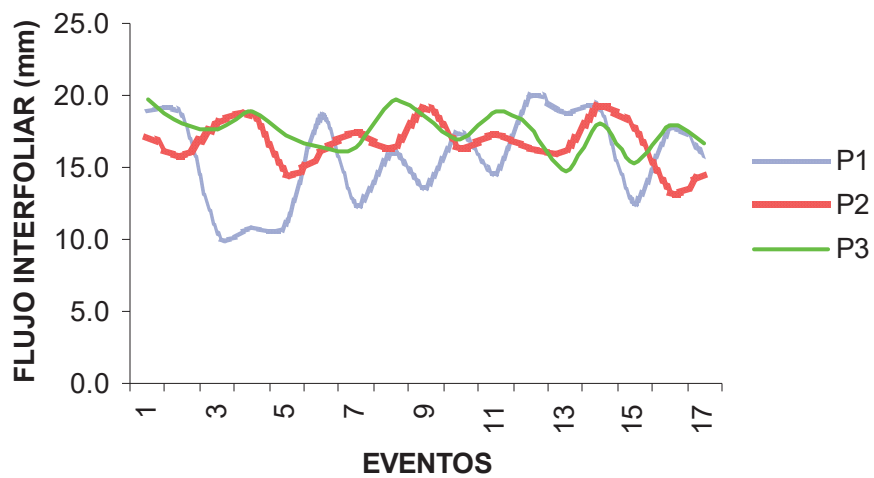


Figura 24.- Flujo interfoliar (mm) en sitios de pino

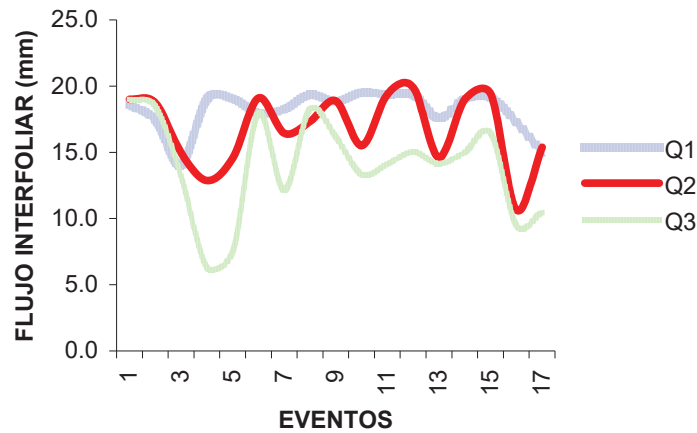


Figura 25.- Flujo interfoliar (mm) en sitios de encino.

El flujo caulinar presentó mayor variación entre los sitios que el flujo interfoliar (fig. 26 y 27) y en general se obtuvo mayor flujo caulinar en zona de encinos que en las plantaciones de pino, lo cual se puede explicar porque en los encinos existe mayor ramificación que en las plantaciones y mayor índice de vigor. En el cuadro 18 se observa que el valor máximo en pino fue de 0.52 mm y en el bosque de encino fue de 0.77 mm.

Cuadro 18 .- Flujo caulinar por sitio en 17 eventos

EVENTOS	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
1	0.09	0.20	0.08	0.12	0.01	0.02
2	0.20	0.36	0.15	0.28	0.58	0.17
3	0.08	0.37	0.07	0.48	0.13	0.53
4	0.49	0.50	0.03	0.02	0.10	0.02
5	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.30
6	0.09	0.15	0.10	0.43	0.13	0.32
7	0.03	0.25	0.07	0.20	0.13	0.27
8	0.00	0.01	0.04	0.07	0.05	0.33
9	0.11	0.28	0.17	0.45	0.08	0.34
10	0.00	0.05	0.07	0.19	0.05	0.26
11	0.13	0.28	0.14	0.50	0.19	0.35
12	0.01	0.13	0.04	0.48	0.22	0.30
13	0.24	0.52	0.23	0.47	0.12	0.47
14	0.16	0.30	0.23	0.41	0.23	0.41
15	0.07	0.26	0.15	0.58	0.77	0.42
16	0.09	0.03	0.01	0.10	0.05	0.24
17	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.16

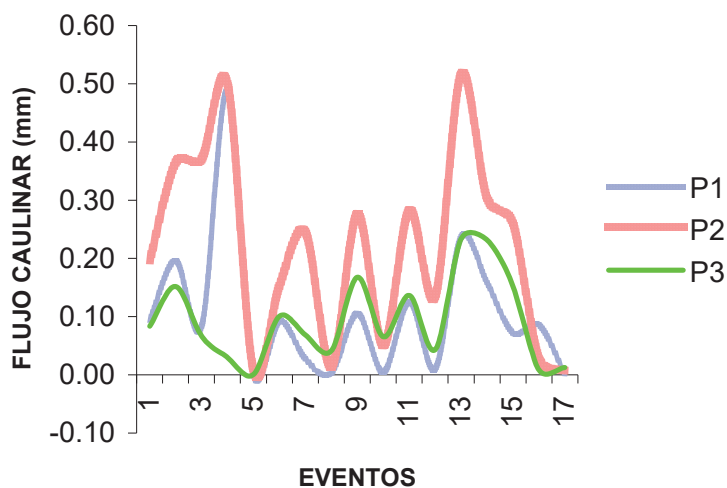


Figura 26.- Flujo caulinar (mm) en sitios de pino.

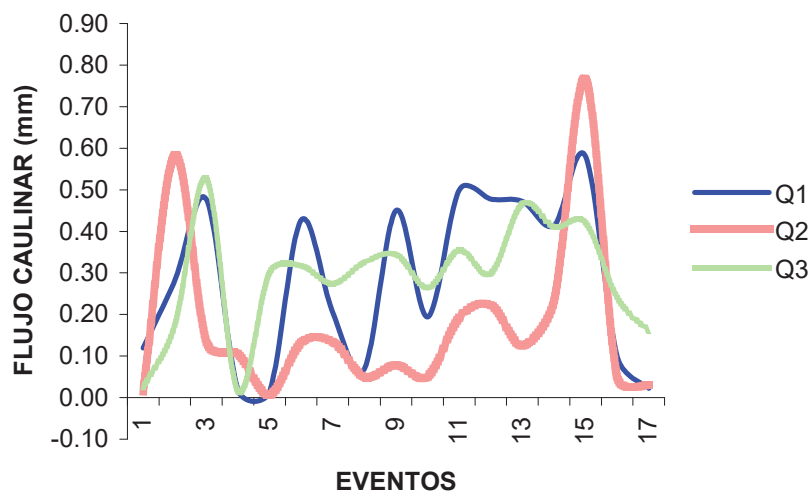


Figura 27.- Flujo caulinar (mm) en sitios de encino.

Al comparar las gráficas de flujo caulinar e interfoliar con la precipitación (fig. 22) se observó que la variación corresponde de forma directa a la variación de los eventos de precipitación, cuando la precipitación aumenta los flujos interfoliar y caulinar también aumentan y cuando la precipitación disminuye, los flujos interfoliar y caulinar disminuyen.

8.3.3.-INTERCEPTACIÓN POR ARBOLADO

La interceptación en las plantaciones de *Pinus michoacana* se muestra en la figura 28 y cuadro 19, donde la interceptación es mayor en el sitio P1 y corresponde que en ese sitio hay menor DAP y DT (cuadro 11) en el bosque de encino (figura 29 y cuadro 19), se presentó mayor interceptación en Q3 donde también DT es menor , además en Q3 domina la presencia de mayor porcentaje de cobertura y por el contrario en Q1 existe menor interceptación con menor porcentaje de cobertura. (fig. 29, Cuadro 15)

Cuadro 19.- Interceptación en mm por sitio en los 17 eventos.

EVENTOS	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
1	1.073	2.733	0.219	1.414	0.000	0.000
2	1.445	4.201	1.981	2.567	1.247	1.533
3	9.693	1.934	2.307	5.947	4.999	6.767
4	9.150	1.354	1.052	0.000	7.142	13.684
5	9.000	5.455	2.727	0.952	5.455	12.498
6	1.548	3.825	3.636	2.025	0.888	2.074
7	7.576	2.538	3.571	1.753	3.555	7.855
8	4.062	3.636	0.449	0.666	2.686	1.762
9	6.388	0.826	1.524	1.151	1.125	3.854
10	2.619	3.561	3.095	0.493	4.494	6.665
11	5.428	2.648	1.103	0.634	0.630	5.901
12	0.145	3.566	2.222	0.664	0.108	4.974
13	1.253	3.723	5.293	2.417	5.405	5.863
14	0.000	0.650	1.948	0.000	0.000	4.997
15	7.500	2.296	4.657	0.866	0.590	3.581
16	2.352	6.666	2.105	2.727	9.333	10.498
17	4.186	5.385	3.333	5.000	4.615	9.522

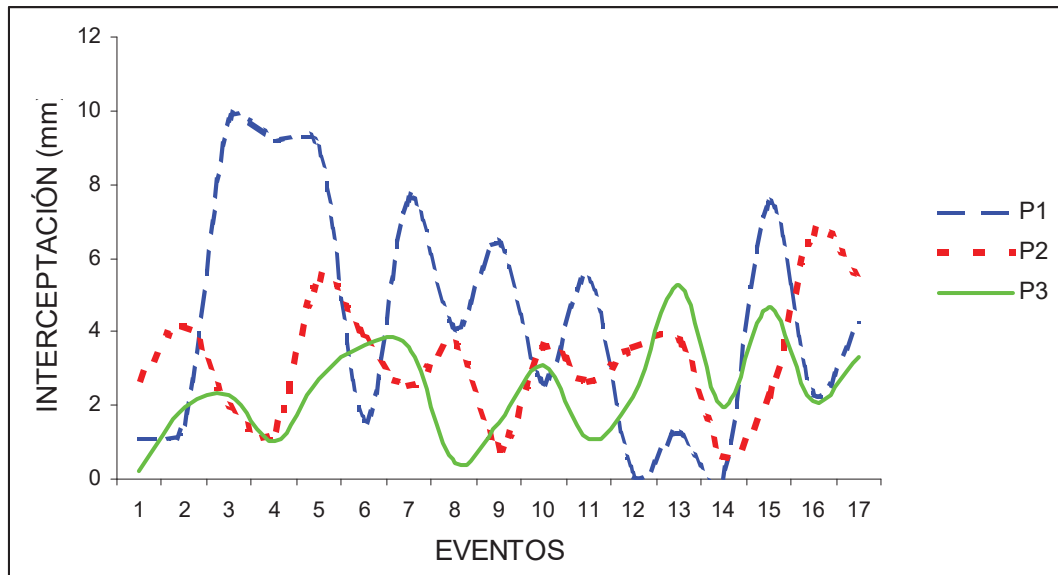


Figura 28.- Intercepción (mm) de las plantaciones de pino en el periodo de Junio a Noviembre del 2004.

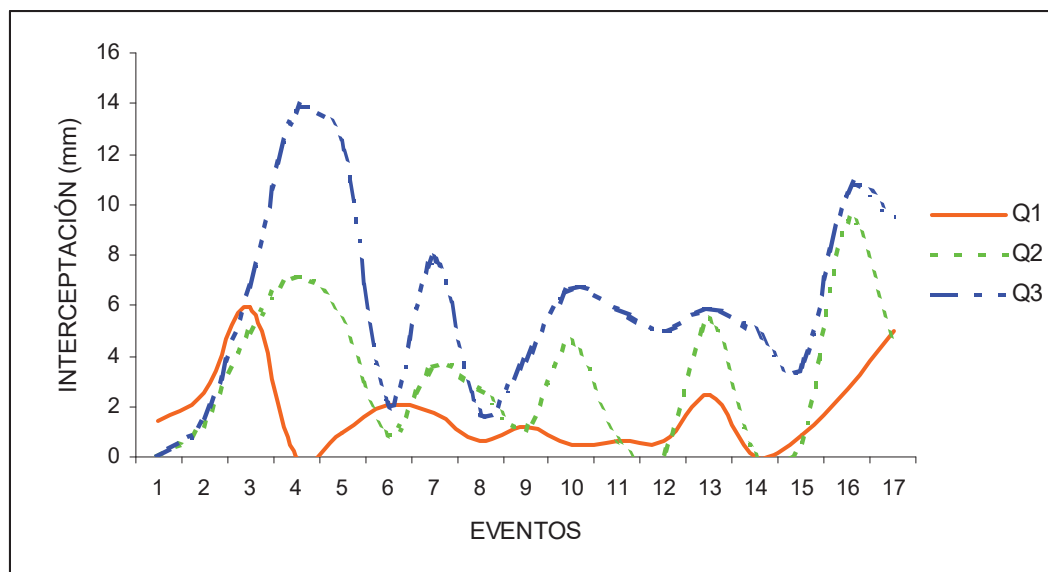


Figura 29.- Intercepción (mm) en zona de encinos

Al parecer en los sitios de pino lo que influye con mayor claridad en la interceptación es el diámetro del tronco (DT) y el diámetro al 1.30 m (DAP) en relación inversamente proporcional, a menor diámetro mayor interceptación y a mayor diámetro menor interceptación.

En los sitios de encinos la interceptación fue relacionada mas con la cobertura pero de forma directamente proporcional a menor cobertura menor interceptación y a mayor cobertura mayor interceptación

Si analizamos la interceptación en el tiempo encontramos también una relación directa con la distribución de la precipitación en el sitio P1 y Q1 (fig. 28 y 29) la mayor interceptación coincide con la precipitación de junio (fig. 22) y esto coincide con un incremento en la intensidad de la lluvia entre el mes 6 y 7 (fig. 23)

En el sitio Q3, Q2, P3 y P2 la mayor interceptación (fig. 28 y 29) coincide con la precipitación máxima entre Octubre y Noviembre (evento 14 fig 22) y a su vez con el incremento de intensidad entre el mes 9 y 10 (fig. 23).

8.3.4 INTERCEPTACION DEL PASTIZAL Y HOJARASCA

En el capítulo de métodos se explicó que para medir la interceptación del pastizal se utilizó un simulador de lluvia en los tres sitios, para poder comparar la interceptación de la lluvia con las zonas de pino y encino, se utilizó la interceptación por la hojarasca para valorar a un mismo nivel de comparación.

En la fig. 30 se presenta la interceptación del pastizal con valores entre 0.4 mm y 0.9 mm, en la fig. 31 la interceptación por hojarasca de pino se encuentra entre 0.6 mm y 1.5 mm y en hojarasca de encino la interceptación es de 0.2 mm a 0.7 mm.

En resumen la menor interceptación la tenemos en hojarasca de encino y la mayor interceptación en hojarasca de pino.

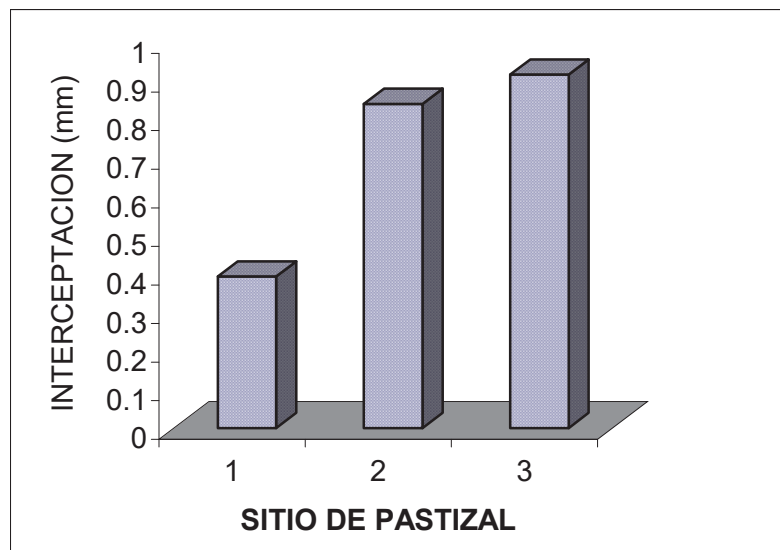


Figura 30.- Interceptación en pastizal.

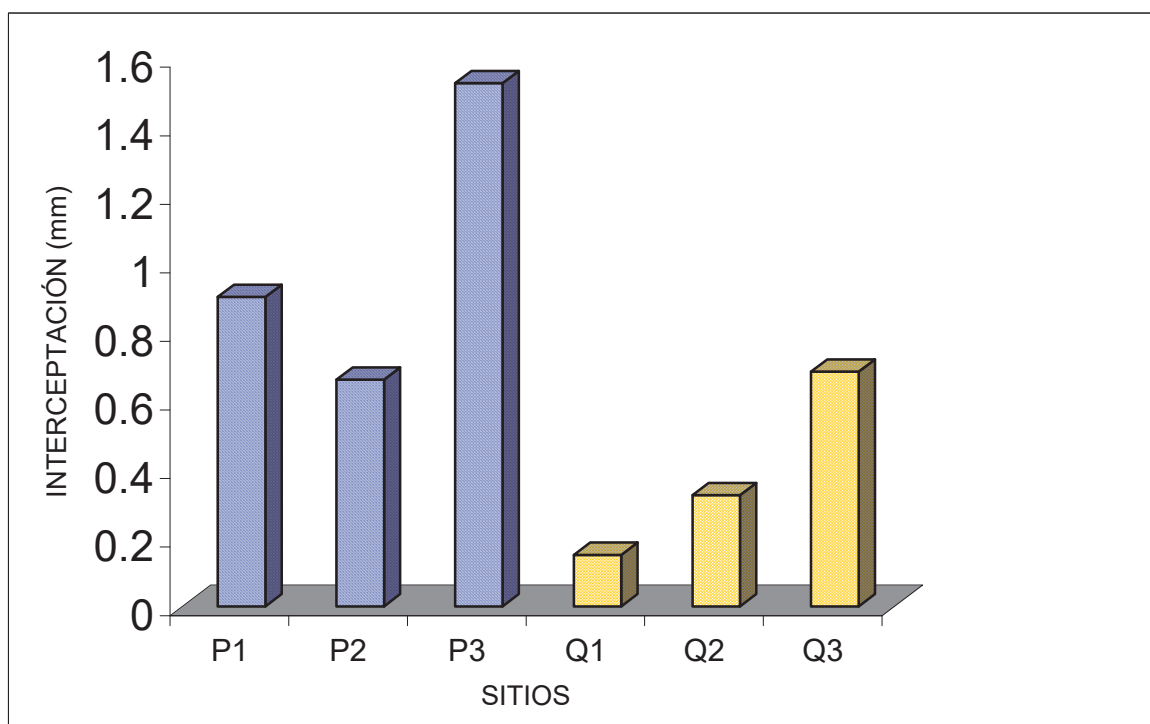


Figura 31.- Interceptación en hojarasca.

8.3.5 HUMEDAD DEL SUELO

Al medir la humedad por sitio antes de utilizar el simulador de lluvia y después de utilizarlo con sus tres repeticiones respectivas por sitio, se obtuvo el porcentaje de humedad promedio por sitio antes de utilizar el simulador de lluvia (suelo seco) y después de utilizarlo (suelo húmedo),(fig. 32). En los sitios de pino el suelo seco presentó de 4% de humedad a 8% y al mojarlo se incremento de 19% hasta 29%, en los sitios de encino el suelo seco fue de 4% a 8% y al mojarlo se incrementó de 19% a 29% y en pastizal el suelo seco presentó 4% de humedad y al mojarlo se incrementó de 40% a 43% .

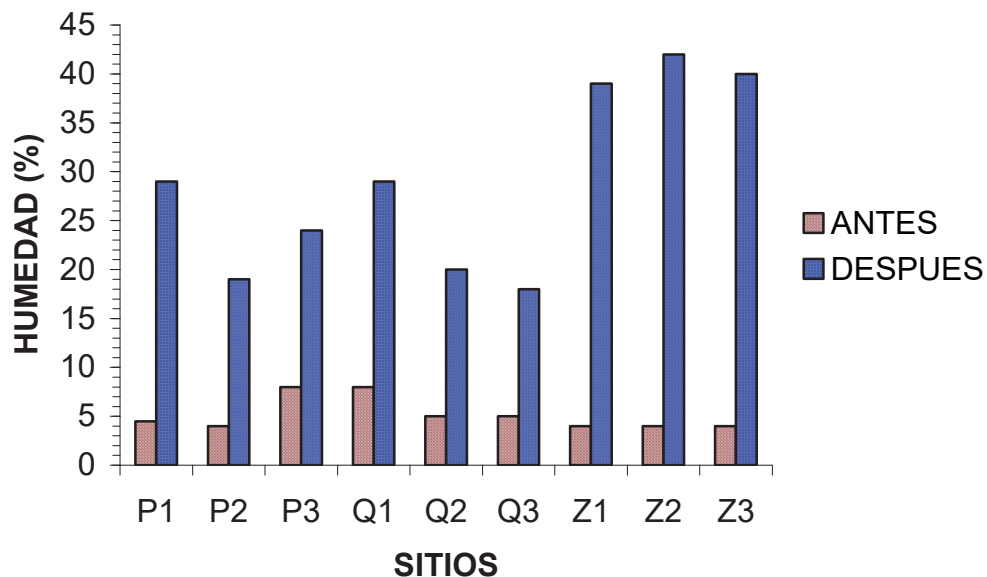


Fig. 32.- Porcentaje de humedad en el suelo por sitio.

Al comparar el porcentaje de humedad con la interceptación de hojarasca y pastizal, se observó que en los sitios de encino hay una relación inversamente proporcional, donde a menor interceptación mayor porcentaje de humedad y a mayor interceptación menor porcentaje de humedad, en los sitios de hojarasca de pino no se encontró una relación clara de estas dos variables, probablemente esto se debe al arreglo espacial de la hojarasca y a las propiedades físicas del suelo, en los sitios de pastizal se encontraron los valores mas altos de humedad, esto debido probablemente al contenido alto de arcilla.

8.3.6.- INFILTRACIÓN

En la zona de pinos la infiltración es mayor sin hojarasca manteniéndose alrededor de 1.7 mm/seg y menor con hojarasca alrededor de 0.5 mm/seg (fig. 33, 34, 35).

En todas las gráficas de infiltración que se muestran a continuación, las abreviaturas utilizadas son: CH = infiltración con hojarasca y SH = Infiltración sin hojarasca.

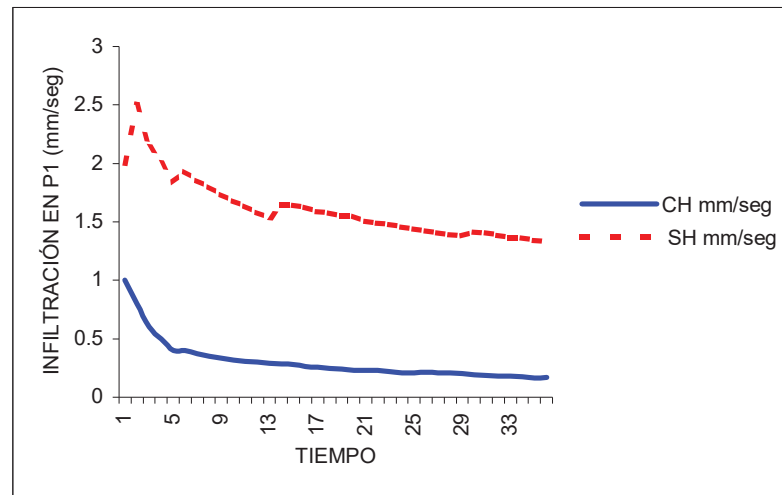


Figura 33.- Infiltración en plantaciones de pino 1

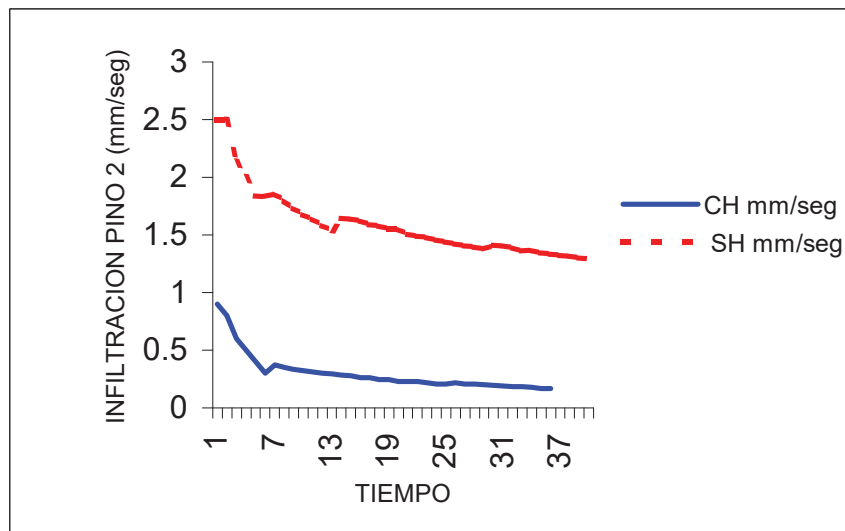


Figura 34.- Infiltración en plantaciones de pino 2

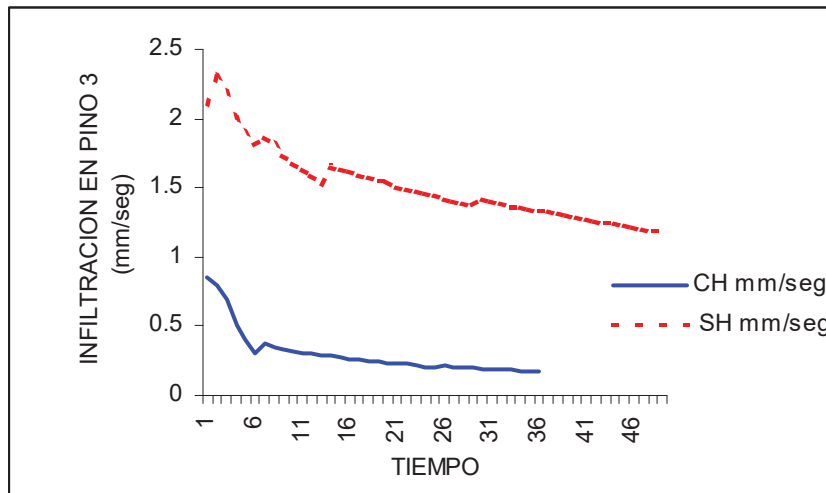


Figura 35.- Infiltración en plantaciones de pino 3

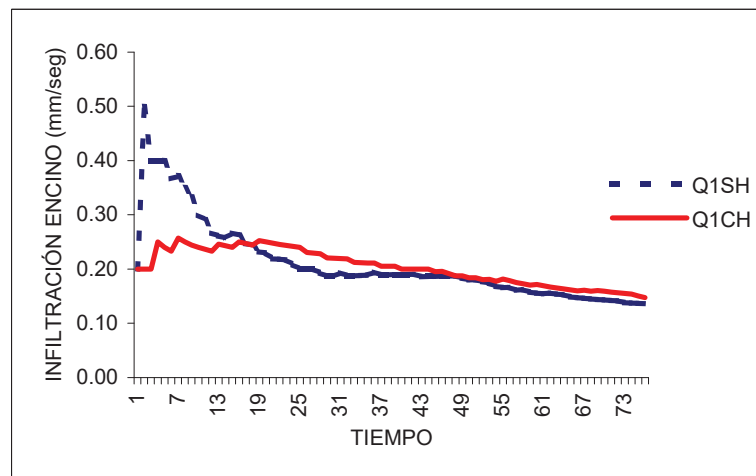


Figura 36.- Infiltración en encino 1

En la zona de encinos la infiltración en el sitio Q1 es mayor sin hojarasca de 0.25 mm/seg y con hojarasca de 0.20 mm/seg. (fig. 36), en Q2 sin hojarasca es mayor de 0.35 mm/seg.y con hojarasca alrededor de 0.25 mm/seg, en Q3 la infiltración es mayor con hojarasca de 0.40 mm/seg y sin hojarasca es menor de 0.25 mm/seg. (fig. 37 y 38)

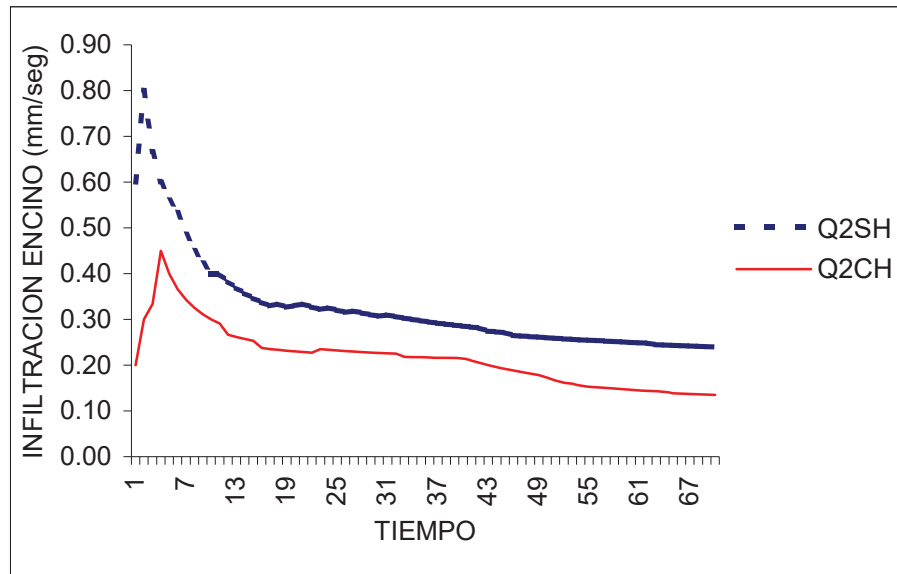


Figura 37.- Infiltración en sitio de encino 2

En general la infiltración es mayor en las palantaciones de pino que en el bosque de encino y considerablemente mayor que en la zona de pastizal.

En la zona de pastizal sin pasto la infiltración es de 0.1 mm/seg y en general la infiltración es mucho más lenta que en los sitios de encino y plantaciones de pino. (fig. 39, 40 y 41)

En total la mayor infiltración fue en la zona de pino sin hojarasca, la menor infiltración fue en la zona de pastizal con pasto, mientras que los valores medios y más similares se observaron en la zona de encinos.

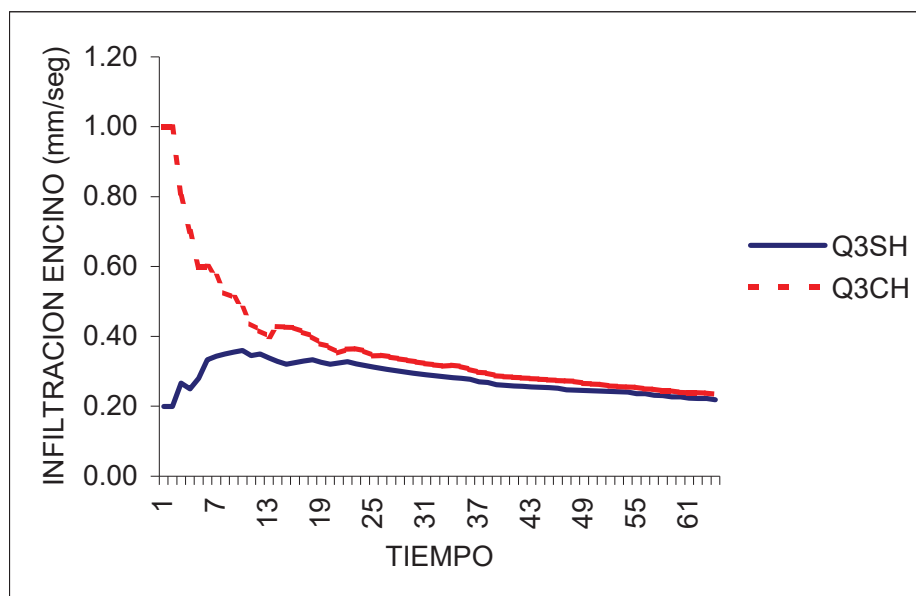


Figura 38.- Infiltración en sitio de encino 3

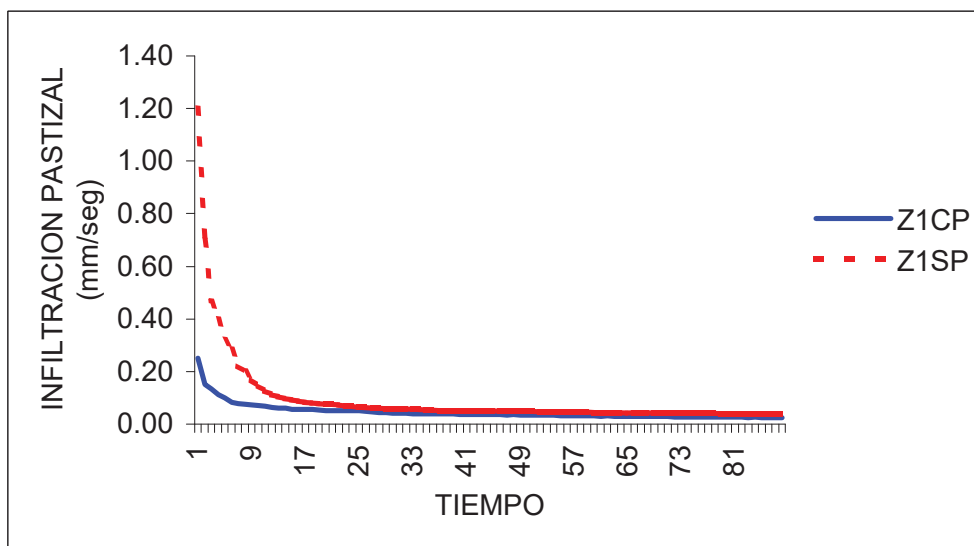


Figura 39.- Infiltración en pastizal 1

Z1CP = Infiltración en sitio de pastizal con pasto

Z1SP = Infiltración en sitio de pastizal sin pasto.

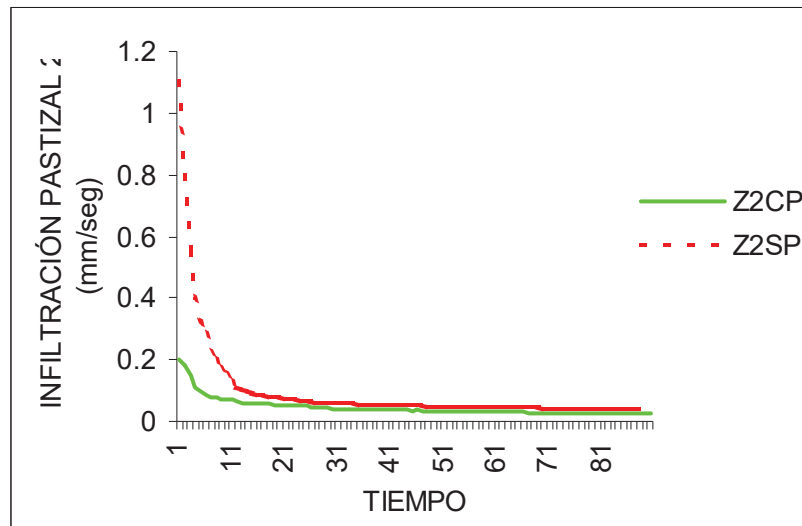


Figura 40.- Infiltración en pastizal 2

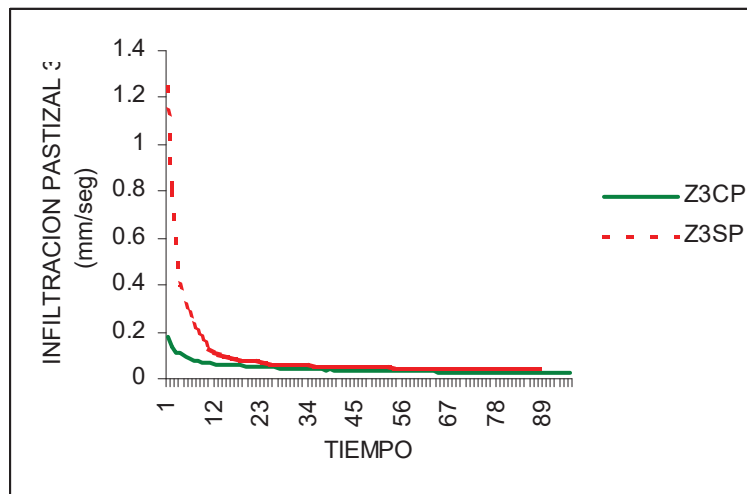


Figura 41.- Infiltración en pastizal 3

8.4 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron los componentes del proceso de interceptación (fig. 11) y se consideraron los valores estandarizados a 20 mm (cuadro 20) por evento de lluvia que en total serian 340 mm y fueron tres componentes principales:

- 1) Interceptación total $I_t = I_c + I_l$ (Interceptación de cobertura arborea mas interceptación del mantillo)
- 2) Recarga de agua al suelo forestal (Rendimiento hídrico) $R = Th + Sf$ (flujo interfoliar mas flujo caulinar).
- 3) Precipitación neta $P_n = Th + Sf - I_l$ ó $R - I_l$

Cuadro 20 .- Valores totales estandarizados de variables hidrológicas

VARIABLES	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
FLUJO CAULINAR	1.78	3.71	1.60	4.82	2.90	4.92
FLUJO INTERFOLIAR	265.57	284.99	298.77	308.70	285.71	236.93
INTERCEPTACION	73.42	55.00	41.22	29.27	52.27	102.03
PRECIPITACIÓN	340.77	343.69	341.59	342.79	340.89	343.87
HORIZONTAL	0.77	3.69	1.59	2.79	0.89	3.87

Cuadro 21.- Valores promedio totales de interceptación de hojarasca

P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3
0.90	0.66	1.53	0.15	0.32	0.69

La interceptación total fue mayor en encino que en las plantaciones de pino (cuadro 22 y 25), la recarga de agua al suelo forestal fue mayor en los sitios de pino que en encino con la observación de que el flujo caulinar fue mayor en encino que en las plantaciones de pino (cuadro 23 y 26). La precipitación neta fue mayor en las plantaciones de pino y menor en el bosque de encino (cuadro 24 y 27). Tanto la recarga de agua al suelo forestal como la precipitación neta son las variables que para este caso definen el rendimiento hídrico, que al parecer fue mas en las plantaciones de pino, aunque no existe una clara definición en cuanto a los resultados para determinar si tienen mayor rendimiento hídrico las plantaciones o el bosque de encino, para ello faltaría un estudio a mas detalle y con una representación en el tiempo mayor.

Cuadro 22.- Interceptación total en pino

SITIO	IC	II	IT
P1	73.42	0.9	74.32
P2	55	0.66	55.66
P3	41.22	1.53	42.75
TOTAL	169.64	3.09	172.73

Cuadro 23.- Recarga de agua al suelo forestal en pino

SITIO	Th	Sf	R
P1	265.57	1.78	267.35
P2	284.99	3.71	288.7
P3	298.77	1.6	300.37
TOTAL	849.33	7.09	856.42

Cuadro 24.- Precipitación neta en pino

SITIO	R	II	Pn
P1	267.35	0.9	266.45
P2	288.7	0.66	288.04
P3	300.37	1.53	298.84
TOTAL	856.42	3.09	853.33

Cuadro 25.- Interceptación total en encino

SITIO	IC	II	IT
Q1	29.27	0.15	29.42
Q2	52.27	0.32	52.59
Q3	102.03	0.69	102.72
TOTAL	183.57	1.16	184.73

Cuadro 26.- Recarga de agua al suelo forestal en encino

SITIO	Th	Sf	R
Q1	308.7	4.82	313.52
Q2	285.71	2.9	288.61
Q3	236.93	4.92	241.85
TOTAL	831.34	12.64	843.98

Cuadro 27.- Precipitación neta en encino

SITIO	R	II	Pn
Q1	313.52	0.15	313.37
Q2	288.61	0.32	288.29
Q3	241.85	0.69	241.16
TOTAL	843.98	1.16	842.82

8.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Se realizó el análisis de varianza con la finalidad de conocer si existe diferencia significativa entre las plantaciones de *Pinus michoacana* y *Quercus obtusata* en cuanto a la interceptación, adaptando un diseño de boques para comparar los distintos sitios y se encontró que en el análisis de varianza para la interceptación de las plantaciones en relación con los sitios de encino, las medias son significativamente diferentes al 95% de confiabilidad para Q1 y Q3 pero no lo son para Q2. (ver anexo 1b).

En el análisis de varianza entre la interceptación del pastizal con los sitios de hojarasca de pino, se obtuvo que existe diferencia significativa al 95% de confiabilidad en el sitio Z2 , mientras que en Z1 y Z3 la diferencia de las medias no es significativa.

Al analizar la interceptación del pastizal con los sitios de hojarasca de encino se observó que las medias son significativamente diferentes al 95% de confiabilidad para los tres sitios de pastizal.

En resumen la interceptación del pastizal es significativamente diferente en comparación con la zona de encinos y no lo es para la zona de pinos. (ver anexo 1a)

8.4.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON

8.4.2.1ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CON LAS VARIABLES ANALIZADAS EN PASTIZAL

En el análisis de correlación del pastizal comparada con hojarasca de pino y encino se obtuvo que la interceptación de la hojarasca de encino tiene correlación negativa altamente significativa con infiltración de -0.892 para Pino , -0.9 para encino y -0.798

para pastizal, además tiene correlación significativa con precipitación : negativa para pino de -0.629 y para encino positiva de 0.729 .

La interceptación del pastizal presenta correlación significativa con la precipitación del pastizal de 0.694 .

La humedad de la zona de pino presenta correlación significativa con la infiltración del encino de 0.645 y altamente significativa con precipitación en pino de 0.815 y con la precipitación en pastizal de 0.662 .

La infiltración en la zona de pino presenta correlación altamente significativa con la infiltración en encino de 0.965 y de 0.978 en pastizal.

La infiltración en zona de encinos tiene correlación altamente significativa con infiltración en pastizal de 0.905 .

La precipitación en pino se correlaciona negativamente con la precipitación en zona de encinos de -0.610 . (ver anexo 2)

8.4.2.2 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CON LAS VARIABLES ANALIZADAS EN PLANTACIONES DE PINO Y ZONA DE ENCINO

Las variables utilizadas para este análisis fueron: Interceptación (INTER), precipitación (PRE), diámetro al 1.30 m de altura (DAP) y volumen de copa (VCOPA), en los tres sitios de pino (P1, P2, P3) y los tres de encino (Q1, Q2, Q3).

A continuación se muestran los análisis de correlaciones en donde se obtuvo que para las plantaciones de pino fueron significativas para precipitación, diámetro al 1.30 m y volumen de copa , mientras que para el bosque de encino fueron significativas para precipitación.

Cuadro 28.- Correlaciones entre los sitios de pino de interceptación y precipitación

Correlations

		P1INTER	P2INTER	P3INTER	P1PRE	P2PRE	P3PRE
P1INTER	Pearson Correlation	1.000	-.214	.010	-.452	-.364	-.454
	Sig. (2-tailed)	.	.409	.971	.069	.151	.067
	N	17	17	17	17	17	17
P2INTER	Pearson Correlation	-.214	1.000	.211	-.544*	-.615**	-.594*
	Sig. (2-tailed)	.409	.	.417	.024	.009	.012
	N	17	17	17	17	17	17
P3INTER	Pearson Correlation	.010	.211	1.000	-.178	-.236	-.288
	Sig. (2-tailed)	.971	.417	.	.494	.362	.263
	N	17	17	17	17	17	17
P1PRE	Pearson Correlation	-.452	-.544*	-.178	1.000	.946**	.868**
	Sig. (2-tailed)	.069	.024	.494	.	.000	.000
	N	17	17	17	17	17	17
P2PRE	Pearson Correlation	-.364	-.615**	-.236	.946**	1.000	.859**
	Sig. (2-tailed)	.151	.009	.362	.000	.	.000
	N	17	17	17	17	17	17
P3PRE	Pearson Correlation	-.454	-.594*	-.288	.868**	.859**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.067	.012	.263	.000	.000	.
	N	17	17	17	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Cuadro 29.- Correlaciones entre sitios de pino de interceptación y DAP

Correlations

		P1INTER	P2INTER	P3INTER	P1DAP	P2DAP	P3DAP
P1INTER	Pearson Correlation	1.000	-.214	.010	-.087	-.472	.360
	Sig. (2-tailed)	.	.409	.971	.741	.056	.156
	N	17	17	17	17	17	17
P2INTER	Pearson Correlation	-.214	1.000	.211	-.059	.562*	-.133
	Sig. (2-tailed)	.409	.	.417	.821	.019	.611
	N	17	17	17	17	17	17
P3INTER	Pearson Correlation	.010	.211	1.000	.012	.206	-.563*
	Sig. (2-tailed)	.971	.417	.	.963	.429	.019
	N	17	17	17	17	17	17
P1DAP	Pearson Correlation	-.087	-.059	.012	1.000	-.055	.317
	Sig. (2-tailed)	.741	.821	.963	.	.834	.215
	N	17	17	17	17	17	17
P2DAP	Pearson Correlation	-.472	.562*	.206	-.055	1.000	-.379
	Sig. (2-tailed)	.056	.019	.429	.834	.	.134
	N	17	17	17	17	17	17
P3DAP	Pearson Correlation	.360	-.133	-.563*	.317	-.379	1.000
	Sig. (2-tailed)	.156	.611	.019	.215	.134	.
	N	17	17	17	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Cuadro 30.- Correlaciones entre sitios de pino de interceptación y volumen de copa

Correlations

		P1INTER	P2INTER	P3INTER	P1VCOPA	P2VCOPA	P3VCOPA
P1INTER	Pearson Correlation	1.000	-.214	.010	-.508*	-.408	-.003
	Sig. (2-tailed)	.	.409	.971	.037	.104	.990
	N	17	17	17	17	17	17
P2INTER	Pearson Correlation	-.214	1.000	.211	-.127	.177	-.040
	Sig. (2-tailed)	.409	.	.417	.626	.498	.880
	N	17	17	17	17	17	17
P3INTER	Pearson Correlation	.010	.211	1.000	.083	.218	-.131
	Sig. (2-tailed)	.971	.417	.	.752	.401	.615
	N	17	17	17	17	17	17
P1VCOPA	Pearson Correlation	-.508*	-.127	.083	1.000	.104	-.336
	Sig. (2-tailed)	.037	.626	.752	.	.692	.187
	N	17	17	17	17	17	17
P2VCOPA	Pearson Correlation	-.408	.177	.218	.104	1.000	.092
	Sig. (2-tailed)	.104	.498	.401	.692	.	.727
	N	17	17	17	17	17	17
P3VCOPA	Pearson Correlation	-.003	-.040	-.131	-.336	.092	1.000
	Sig. (2-tailed)	.990	.880	.615	.187	.727	.
	N	17	17	17	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Cuadro 31.- Correlaciones entre sitios de encino de interceptación y precipitación.

Correlations

		Q1INTER	Q2INTER	Q3INTER	Q1PRE	Q2PRE	Q3PRE
Q1INTER	Pearson Correlation	1.000	.323	.076	-.205	-.240	-.285
	Sig. (2-tailed)	.	.206	.771	.431	.354	.267
	N	17	17	17	17	17	17
Q2INTER	Pearson Correlation	.323	1.000	.782**	-.796**	-.559*	-.607**
	Sig. (2-tailed)	.206	.	.000	.000	.020	.010
	N	17	17	17	17	17	17
Q3INTER	Pearson Correlation	.076	.782**	1.000	-.691**	-.310	-.375
	Sig. (2-tailed)	.771	.000	.	.002	.226	.138
	N	17	17	17	17	17	17
Q1PRE	Pearson Correlation	-.205	-.796**	-.691**	1.000	.748**	.752**
	Sig. (2-tailed)	.431	.000	.002	.	.001	.001
	N	17	17	17	17	17	17
Q2PRE	Pearson Correlation	-.240	-.559*	-.310	.748**	1.000	.958**
	Sig. (2-tailed)	.354	.020	.226	.001	.	.000
	N	17	17	17	17	17	17
Q3PRE	Pearson Correlation	-.285	-.607**	-.375	.752**	.958**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.267	.010	.138	.001	.000	.
	N	17	17	17	17	17	17

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Se realizó el análisis de regresión múltiple para variables consideradas con cierta influencia en la interceptación, como fueron: la precipitación, la altura total, altura del fuste limpio, el diámetro al 1.30 m (DAP) y el volumen de copa, donde se obtuvo que la precipitación es la variable que presenta mayor relación con la interceptación para las plantaciones de pino y bosque de encino. Para las plantaciones de pino la relación se expresa bien en las variables de DAP y volumen de copa; mientras que para bosque de encino la altura total y altura del fuste limpio son las variables que se relacionan más. (ver anexo 3)

El análisis de componentes principales se realizó con las mismas variables que en el análisis de regresión múltiple y se obtuvo que las variables mejor relacionadas con la interceptación es la precipitación y volumen de copa para las plantaciones de pino y en el bosque de encino fue la precipitación. (ver anexo 4)

El análisis de agrupamiento se hizo para observar algunas relaciones entre los sitios de hojarasca, pastizal y arbolado. En los sitios de hojarasca y pastizal no existe una clara relación, solo se aprecia cierta afinidad entre los sitios de pastizal y hojarasca de encino en la variable de interceptación, pero esto no es relevante por la disimilitud que existe entre las demás variables como humedad e infiltración. En los sitios de arbolado la mejor relación que se encontró en la interceptación, fue entre el sitio Q1 y P3, en general es diferente la interceptación entre bosque de encino y plantaciones de pino. En la precipitación se observaron tres afinidades entre sitios y son: P1 y P2, Q1 y P3, Q2 y Q3 y corresponde con los pares de sitios más cercanos lo que indica que la distribución de la precipitación varió en tres niveles. La altura total del arbolado fue mas similar entre los sitios Q1 y Q3, P1 y P3. en cuanto a la altura del fuste limpio el sitio Q1 y Q3 son más similares y Q2 y P2 se relacionan más porque en este sitio los árboles tienen menos ramas y son más altos, por lo que se parece más al sitio de pino. En cuanto al DAP, DT Y diámetro de copa, son similares entre sitios del mismo género pero no entre pino y encino. (ver anexo 5)

IX.- DISCUSIÓN

En general la interceptación pluvial fue mayor en los sitios de *Quercus obtusata* que en las plantaciones de *Pinus michoacana* lo cual podría ser explicado por varios factores como la hoja de *Quercus obtusata* es ancha y grande, en los encinos se observó menos altura de fuste limpio por lo tanto mayor cantidad de ramas, mientras que el flujo caulinar fue mayor en *Quercus obtusata* y menor en las plantaciones de *Pinus michoacana*, probablemente explicado también por la poca altura fustal en encinos y mayor ramificación que sirven como embudo para conducir el agua al suelo, se considera que el flujo caulinar al conducirse por el tronco cuando llega al suelo las raíces sirven también como conductos de agua dentro de la matriz del suelo aunque podría no ser el caso cuando el suelo está muy compactado, puede ser que parte del flujo se escurra superficialmente y otra parte si se infiltre aprovechando el espacio poroso que puede haber a lo largo de las raíces de igual forma el flujo interfoliar al llegar al suelo forestal, depende del arreglo espacial de la hojarasca para llegar al suelo, así como el hecho de que el tipo de hojarasca sea más o menos hidrofoba para permitirle el paso hacia el suelo y ya en el suelo dependerá de las propiedades de éste para su infiltración. Para tener mayor certeza de estos procesos hace falta un estudio a mayor detalle, son muchos los factores que intervienen en todo el proceso y el presente trabajo solo se enfocó en comprender la parte aérea de la interceptación y en el caso de la precipitación neta se obtuvo que fue mayor en las plantaciones de pino que en el bosque de encino, Flores (2003) estudió la precipitación penetrante en bosque subtropicales y encontró que la precipitación penetrante depende mayormente de la precipitación bruta y que la cobertura del dosel tiene una influencia significativa en los eventos pequeños reduciendo la precipitación penetrante y aumentando su variabilidad espacial, además Franco (1994) estudió las propiedades físico – químicas de los suelos y régimen hídrico en distintos tipos de bosque y concluyó que los efectos ecológicos llegan a ser muy claros cuando se considera: el grado de saturación en los meses muy húmedos, el grado y frecuencia de los periodos déficit de agua, la

capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y la distribución de las raíces en el suelo.

En cuanto al rendimiento hídrico entendido como el agua que llega al suelo forestal fue mayor en las plantaciones de pino que en los encinos considerando el valor total porque si analizamos por separado el flujo interfoliar y el flujo caulinar entonces no tenemos la certeza de decir si el rendimiento hídrico es mayor en pino o en encino porque son varios factores que influyen por lo tanto hace falta tener una muestra más representativa del proceso de interceptación estudiando en varias temporadas de lluvia.

En cuanto a los resultados de interceptación del pastizal comparados con la interceptación de hojarasca se encontró que la mayor interceptación fue en hojarasca de pino y aunque el valor más bajo de interceptación se encontró en hojarasca de encino, las condiciones de los sitios entre pastizal y encino son demasiado distintas debido a que en el pastizal se observó un impacto fuerte del sobre pastoreo por lo que el suelo esta compactado y la infiltración es demasiado lenta, Scholefield y may (1986) citados en Stanley y Mendel (1995) calcularon que una vaca de 530 kg podría ejercer una presión de 250 Kpa verticalmente al ir caminando sobre el terreno. Stanley y Mendel (1995) comentaron que la compactación es efecto fuerte y directo de esa fuerza, la cual tiene efectos indirectos en la reducción de infiltración y por lo tanto un aumento en la escorrentía superficial obteniéndose aumento de erosión hídrica y que además la compactación de los suelos es especialmente rápida cuando el suelo está húmedo porque la estructura del suelo se rompe fácilmente. Y esto precisamente ocurre en la zona de pastizal en tiempo de sequia y en tiempo de lluvias el ganado se llega a encontrar a mayores altitudes donde se encuentran los bosques de encino.

X.- CONCLUSIONES

- Las plantaciones de *Pinus michoacana* captan mayor volumen de la precipitación pluvial como recarga de agua al suelo que en *Quercus obtusata*.
- La interceptación pluvial fue mayor en *Quercus obtusata* que en *Pinus michoacana* y el menor valor fue en pastizal.
- Las variables dasométricas que presentaron mayor relación con la interceptación fueron el diámetro al 1.30 m (DAP) para las plantaciones de pino y el volumen de copa para bosque de encino.
- La precipitación promedio en el periodo de lluvias es de 20 mm, mientras que las precipitaciones máximas son de 35 mm y 45 mm y la intensidad de la lluvia promedio es de 15 mm/ hr.
- En el flujo interfoliar no existe una clara diferencia entre los sitios de pino y encino.
- El flujo caulinar es mayor en encinos que en plantaciones de pino.
- La mayor interceptación se registro en hojarasca de pino y menor en encino.
- La mayor humedad se registro en pastizal, las diferencias de humedad entre pino y encino no son muy claras.
- La infiltración es más rápida sin hojarasca y mas lenta con hojarasca, en los sitios de pino fue mayor volumen de infiltración por unidad de tiempo y en bosque de encino fue menor. En pastizal se presentó la infiltración más lenta y con el menor volumen por unidad de tiempo de todos los sitios.
- La interceptación en las plantaciones de pino es significativamente diferente con respecto a la zona de encinos.
- La interceptación del pastizal es significativamente diferente a la zona de encinos pero no a la zona de pinos.
- El rendimiento hídrico es mayor en las plantaciones de *Pinus michoacana*.

XI.-BIBLIOGRAFIA

- Avila D. I. 1992. Contribución al conocimiento florístico ecológico de las plantas arvenses, en el cultivo de maíz de temporal de la cuenca hidrográfica "Presa Cointzio". Tesis profesional. UMSNH. Facultad de Biología. Morelia, Mich. 95 pp.
- Benavides – Solorio J. y L. H. MacDonald, 2001. Post – fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range, Hydrological Processes 15: 2931 – 2952.
- Benavides – Solorio J. Moreno – Gonzalez, G. Flores Garnica. 2003. Efecto de los incendios forestales en el escurrimiento y la erosión y factores principales. Memorias de Resúmenes del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Nuevas tecnologías para el manejo forestal. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 5 al 7 de Noviembre. San Luis Potosi México. 260 –261 págs
- Black P.E. 1996. Watershed Hydrology. Second edition. Lewis publishers. Washington. D.C. 449 pp.
- Bolaños S. M. E.1993. Evaluación de una plantación forestal (de Pinus michoacana Mtz, Cupressus lindley klotzsch y Eucalyptus camaldulensis Dehh) de la presa de Cointzio. Morelia, Mich. Mex.ico. Tesis Profesional. Facultad de Biología UMSNH. 57 pp.
- Brooks K. N. et al. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press/Ames USA. 392 pp.
- Calderas M. M. 2004. Ciclo hidrológico y efectos ambientales que pueden repercutir en el comportamiento de los manantiales en la cuenca de Atécuaro, Mpio. De Morelia Mich Méx. Tesis Profesional. Facultad de Biología UMSNH. 70 pp.
- Cantú Silva I. and H. Gonzalez Rodríguez, 2001. Interception loss, throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern México. Tree Physiol. 21, 1009 – 1013.

- Charles C. M. F. 1998. Medición y estimación de los componentes de la interceptación en cuatro comunidades representativas del nordeste de México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Chávez H. Y 1993. Método fácil para calcular la humedad que retienen los suelos de Pátzcuaro, Michoacán. Andosoles y Luvisoles. Folleto de investigación núm. 4 Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) Centro de Investigaciones Pacífico Centro (CIPC). Morelia Michoacán. 22 pp.
- CONABIO – SEMARNAT. 2003. Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Publicación con motivo del III Foro Mundial del Agua, Japón. Méx. 16 pp.
- Cruz A. L. O. 1995. Balance hídrico en la cuenca del lago de Zirahuén Mich. Mex. Tesis Profesional. Facultad de Biología UMSNH. 78 pp.
- Díaz C. S.C., L. Brito Castillo, C.A. Salinas Zavala y A. Douglas. 2003. Dendrocronología, una herramienta para reconstruir escurrimientos superficiales en la vertiente continental del Golfo de California. Memorias de Resúmenes del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Nuevas tecnologías para el manejo forestal. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 5 al 7 de Noviembre. San Luis Potosi México. 330 –331 págs 32 pág.
- Díaz F. E. 2001. Evaluación de la pérdida de suelo utilizando lotes de escurrimiento. Presa Cointzio, Morelia, Mich. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 55 pp
- Durgin P. B. 1985. Burning changes the erodibility of forest soils. Journal of soil and water conservation, may-jun . vol. 40, number 3: 299-301.
- Eddleman E. L. Y Miller M. P. 1991. Potential impacts of western Juniper on the hydrologic cycle. Presentado en Symposium on Ecology and Management of Riparian Shrub Communities. Págs. 176 – 180
- Escamilla S. G., Solleiro R. E., Sedov S., Gama C.J. 2002. Tepetates del glacis de Buenavista, Morelos: Interacción de procesos geomorfológicos y pedogenéticos. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía UNAM. Núm. 48. págs. 76 – 89.

- Esparza L. J.A. y Trujillo G. M. P. 1986. Algunos aspectos ecológicos básicos para el manejo integral de la Cuenca Hidrográfica “Presa de Cointzio”. Estado de Michoacán. INIFAP. COFOM Morelia, Mich. 107 pp.
- FAO,1998. World reference base for soil resources. FAO, ISRIC y ISSS. Roma, Italia (archivo PDF: <http://www.fao.org/docrep/W8594E/W8594E00.htm>).
- Flores Laureano J. S., D. E. Carlyle – Moses, A.G. Price and J. Navar. 2003. Throughfall fluxes en subtropical Montane Forests of the Sierra Madre Oriental (Nuevo León , México). . Memorias de Resúmenes del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Nuevas tecnologías para el manejo forestal. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 5 al 7 de Noviembre. San Luis Potosi México. 330 –331 págs.
- Franco W. Y N. Dezzeo, 1994. Soils and soil water regime in the Terra Firme – Caatinga forest complex near San Carlos de Río Negro, State of Amazonas, Venezuela. Revista Interciencia. Nov. – Dec, vol. 19 No. 6 Simposio Internacional sobre Suelos Forestales. 305 – 316 págs.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3ra edición . México. 252pp.
- Gómez Tagle R. A. 1994. Tres Niveles de erosión en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán, como base para acciones y obras de conservación. Folleto Técnico Núm.26. SARH. INIFAP. Uruapan, Mich. México 28 pp.
- Gómez-Tagle, R.A. 1997. Levantamiento Agrológico Forestal de la cuenca de Pátzcuaro, Mich. Y diagnóstico de posibilidades de recuperación y desarrollo, mediante sistemas de información geográfica. Tesis Doctoral. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias UNAM. 130 pp.
- Gómez Tagle R. A., Chávez H. Y. , Gomez Tagle Ch. A. Y Zepeda C. H., 2002. Diagnóstico de los suelos de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Fondo Mexicano para la conservación de la naturaleza A.C. Morelia, Mich. México. 63 pp.
- Henao S.J.E. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Bogotá. Colombia. 396 pp.
- INEGI 1998. Carta topográfica escala 1:50 000 Clave: E14A23
- INEGI 1998. Carta hidrológica de aguas superficiales escala 1: 250 000 Morelia.

- INEGI 2000 Anuario Estadístico Michoacán, Aguascalientes, Ags. Méx. 534 pp
- Lehr P. E., Will Burnett R., y Herbert S. Zim, 1972. Meteorología. Ediciones Daimon, Barcelona, España, 159 pp.
- Ledesma J. M. 2000. Climatología y Meteorología Agrícola. Paraninfo. Madrid, España, 451 pp.
- Little T. M. Y F. J. Hills. 1998. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. Segunda edición . México. D. F. 270 pp
- Madrigal Sánchez X. Y Trujillo G. M. P. 1996. Propuesta para la planeación de las plantaciones de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. Memoria . I Foro de análisis de la problemática ambiental del estado de Michoacán: cuenca del Lago de Cuitzeo, Morelia, Mich. 15 y 16 de abril. Pág. 180.
- Madrigal S. X. Y Trujillo G. M.P. 2000. Algunas consideraciones para la planeación de plantaciones en la cuenca de Cuitzeo, Mich. México. Memoria de ponencias del 1 er Congreso Nacional de Reforestación SEMARNAP, PRONARE, C. POSTGRADUADOS, del 8 – 10 noviembre. 16 pp.
- Messerli B, M. Droz, P. German, D. Viviroli, R. Weingarther, Stefan Wunderle. 2003. Las montañas torres de agua del mundo. Revista ciencias No. 72, octubre – diciembre. Facultad de ciencias UNAM. México D.F. 5- 13 págs.
- Montgomery D.C. 2001. Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial Iberoamericana. 3ra. Edición. México D.F. 589 pp.
- Nebel B. J. y Wright R.T. 1999. Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. Sexta edición. Prentice Hall. Naucalpan Méx. 720 pp
- Olivares G. M. I. 1993. Capacidad de uso del suelo de la porción suroeste de la microcuenca del río Grande de Morelia. Mich. Tesis Profesional. Facultad de Biología UMSNH. 76 pp.
- Ordaz Ch. V.M. 1999. El agua del suelo y su evaluación, publicación especial #8. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 37 pp.
- Ortiz A. R. 1996. Glosario Geohidrológico. Facultad de Ingeniería, UASLP, SLP. México. Editorial Universitaria Potosina.
- Oyarzun E. C. Y Huber A. 1999. Balance hídrico en plantaciones jóvenes de Eucalyptus globulus y Pinus radiata en el Sur de Chile. Revista Terra. Enero –

Marzo . Vol. 17 Núm. 1, Organo Científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. 35 – 44 pp.

- Ramos F. G. 2003. ¿Cuánta agua pasa por mi casa?. Revista ciencias No. 72, octubre – diciembre. Facultad de ciencias UNAM. México D.F. 15- 17 págs.
- Rodríguez J., L.S., G. Barajas M., J. Espinoza G., J.L. Magaña M., J. M. Ortega R. Y M. Santoyo R. (inédito). Inventario Florístico del Estado de Michoacán. Listado Florístico. Escuela de Biología, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, S.A. México. 432 pp.
- Serrato B. E. B. Y Ascencio C. V. E. 1993. Identificación y evaluación de plagas forestales en plantaciones de Morelia Michoacán. SARH. Folleto técnico núm. 14. 65 pp.
- Silva - Mora . 1995. Resumen de la Geología de la hoja Morelia, estado de Michoacán. UNAM. Instituto de Geología . Carta Geológica de México. Serie de 1: 100 000.
- Stanley W. Trimble, Alexandra C. Mendel, 1995. The cow as a geomorphic agent – A critical review. Geomorphology. Elsevier. 233 – 253 pp.
- Torres R. J.M. y Magaña T. O.S. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Editorial Limusa, grupo Noriega Editores, México. D.F. 472 pp
- Valades B. G. 1993. Estudio de la calidad del agua residual del distrito 020 en el Valle Morelia – Queréndaro para uso de riego. Tesis Profesional. Facultad de Biología UMSNH. 65 pp.
- Ward R.C. y Robinson M . 2000. Principles of hidrology. Fourth edition. McGraw Hill. London. 450 pp.

XII.- ANEXOS
ANEXO 1a.- ANÁLISIS DE VARIANZA CON HOJARASCA Y PASTIZAL.INTERCEPTACIÓN DE PASTIZAL COMPARANDO CON LOS TRES SITIOS DE HOJARASCA DE PINO

One-Way ANOVA on col(P) -> col(z2):

Data	Mean	Variance	N
P1	0.9029	0.24429	3
P2	0.66188	0.301	3
P3	1.5265	0.02868	3
z	0.39233	0.01672	3

F = 4.76422

p = 0.03443

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

One-Way ANOVA on col(P) -> col(z1):

Data	Mean	Variance	N
P1	0.9029	0.24429	3
P2	0.66188	0.301	3
P3	1.5265	0.02868	3
z	0.916	0.09538	3

F = 2.43816

p = 0.13946

At the 0.05 level,
the means are NOT significantly different.

One-Way ANOVA on col(P) -> col(z3):

Data	Mean	Variance	N
P1	0.9029	0.24429	3
P2	0.66188	0.301	3
P3	1.5265	0.02868	3

z 0.84 7.68E-4 3

F = 2.96044

p = 0.09762

At the 0.05 level,
the means are NOT significantly different.

INTERCEPTACIÓN DE PASTIZAL COMPARANDO CON LOS TRES SITIOS DE HOJARASCA DE ENCINO

One-Way ANOVA on col(Q) -> col(Z1):

Data	Mean	Variance	N
Q1	0.15031	0.01263	3
Q2	0.32435	0.00654	3
Q3	0.68509	0.02209	3
Z1	0.916	0.09538	3

F = 10.50983

p = 0.00378

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

One-Way ANOVA on col(Q) -> col(Z2):

Data	Mean	Variance	N
Q1	0.15031	0.01263	3
Q2	0.32435	0.00654	3
Q3	0.68509	0.02209	3
Z	0.39233	0.01672	3

F = 10.26681

p = 0.00406

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

One-Way ANOVA on col(Q) -> col(Z3):

Data	Mean	Variance	N
Q1	0.15031	0.01263	3
Q2	0.32435	0.00654	3
Q3	0.68509	0.02209	3

Z 0.84 7.68E-4 3

F = 28.83527

p = 1.22008E-4

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

RESUMEN DE INTERCEPTACIÓN DE PASTIZAL COMPARANDO CON
HOJARASCA DE ENCINO Y PINO

One-Way ANOVA on col(Z) -> col(P): 1COLUMNA/CU

Data Mean Variance N

Z 0.71611 0.08827 9

P 1.03043 0.29281 9

F = 2.33329

p = 0.14616

At the 0.05 level,
the means are NOT significantly different. CON HOJARASCA DE PINO

One-Way ANOVA on col(Z) -> col(Q):

Data Mean Variance N

Z 0.71611 0.08827 9

Q 0.38658 0.06612 9

F = 6.33026

p = 0.02292

At the 0.05 level,
the means are significantly different. CON HOJARASCA DE ENCINO

ANEXO 1b .-ANÁLISIS DE VARIANZA CON ARBOLADO**ANÁLISIS DE VARIANZA EN LAS PLANTACIONES DE PINO COMPARANDO CON LOS SITIOS DE ENCINO**

One-Way ANOVA on col(P) -> col(Q1):

Data Mean Variance N

Data	Mean	Variance	N
P1	4.31871	11.19761	17
P2	3.23512	2.68119	17
P3	2.42482	1.94684	17
Q1	1.72212	2.71885	17

F = 4.56608

p = 0.00583

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

08/08/05 16:32

One-Way ANOVA on col(P) -> col(Q3):

Data Mean Variance N

Data	Mean	Variance	N
P1	4.31871	11.19761	17
P2	3.23512	2.68119	17
P3	2.42482	1.94684	17
Q1	6.00165	15.01551	17

F = 5.27274

p = 0.00259

At the 0.05 level,
the means are significantly different.

One-Way ANOVA on col(P) -> col(Q2):

Data Mean Variance N

Data	Mean	Variance	N
P1	4.31871	11.19761	17
P2	3.23512	2.68119	17
P3	2.42482	1.94684	17
Q1	3.07482	7.94123	17

F = 1.76745

p = 0.16228

At the 0.05 level,
the means are NOT significantly different.

ANEXO 2- ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE PASTIZAL Y HOJARASCA.

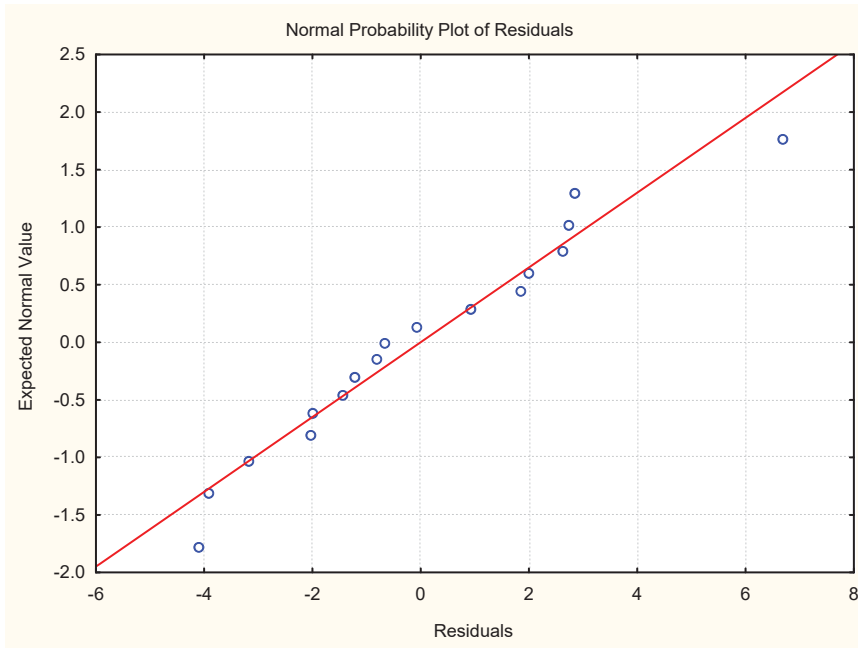
Correlations

		PINTER	QINTER	ZINTER	PHUMED AD	QHUMED AD	ZHUMED AD	PINFILTR	QINFILTR	ZINFILTR	PPRE	QPRE	ZPRE
PINTER	Pearson Correlation	1.000	.539	.367	.204	.130	.591	-.441	-.374	-.401	-.102	.564	.295
	Sig. (2-tailed)	.	.134	.331	.599	.738	.094	.235	.322	.284	.795	.113	.441
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
QINTER	Pearson Correlation	.539	1.000	.103	-.472	.139	-.210	-.892**	-.900**	-.798**	-.629	.729*	.038
	Sig. (2-tailed)	.134	.	.791	.199	.721	.588	.001	.001	.010	.070	.026	.922
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ZINTER	Pearson Correlation	.367	.103	1.000	.370	.082	.032	.090	.260	.087	.023	.374	.694*
	Sig. (2-tailed)	.331	.791	.	.327	.833	.935	.817	.499	.824	.953	.322	.038
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
PHUMEDAD	Pearson Correlation	.204	-.472	.370	1.000	-.414	.502	.499	.645	.428	.815**	-.285	.662
	Sig. (2-tailed)	.599	.199	.327	.	.268	.168	.172	.061	.250	.007	.457	.052
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
QHUMEDAD	Pearson Correlation	.130	.139	.082	-.414	1.000	-.002	-.358	-.300	-.422	-.326	.110	-.287
	Sig. (2-tailed)	.738	.721	.833	.268	.	.995	.345	.433	.258	.392	.778	.455
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ZHUMEDAD	Pearson Correlation	.591	-.210	.032	.502	-.002	1.000	.067	.165	-.008	.569	-.135	.230
	Sig. (2-tailed)	.094	.588	.935	.168	.995	.	.864	.671	.983	.110	.729	.551
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
PINFILTR	Pearson Correlation	-.441	-.892**	.090	.499	-.358	.067	1.000	.965**	.978**	.433	-.530	-.006
	Sig. (2-tailed)	.235	.001	.817	.172	.345	.864	.	.000	.000	.244	.142	.989
	N	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9
QINFILTR	Pearson Correlation	-.374	-.900**	.260	.645	-.300	.165	.965**	1.000	.905**	.595	-.568	.206
	Sig. (2-tailed)	.322	.001	.499	.061	.433	.671	.000	.	.000	.091	.111	.595
	N	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9
ZINFILTR	Pearson Correlation	-.401	-.798**	.087	.428	-.422	-.008	.978**	.905**	1.000	.297	-.414	-.067
	Sig. (2-tailed)	.284	.010	.824	.250	.258	.983	.000	.000	.	.438	.269	.864
	N	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9
PPRE	Pearson Correlation	-.102	-.629	.023	.815**	-.326	.569	.433	.595	.297	1.000	-.610	.483
	Sig. (2-tailed)	.795	.070	.953	.007	.392	.110	.244	.091	.438	.	.081	.187
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
QPRE	Pearson Correlation	.564	.729*	.374	-.285	.110	-.135	-.530	-.568	-.414	-.610	1.000	.217
	Sig. (2-tailed)	.113	.026	.322	.457	.778	.729	.142	.111	.269	.081	.	.574
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ZPRE	Pearson Correlation	.295	.038	.694*	.662	-.287	.230	-.006	.206	-.067	.483	.217	1.000
	Sig. (2-tailed)	.441	.922	.038	.052	.455	.551	.989	.595	.864	.187	.574	.
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

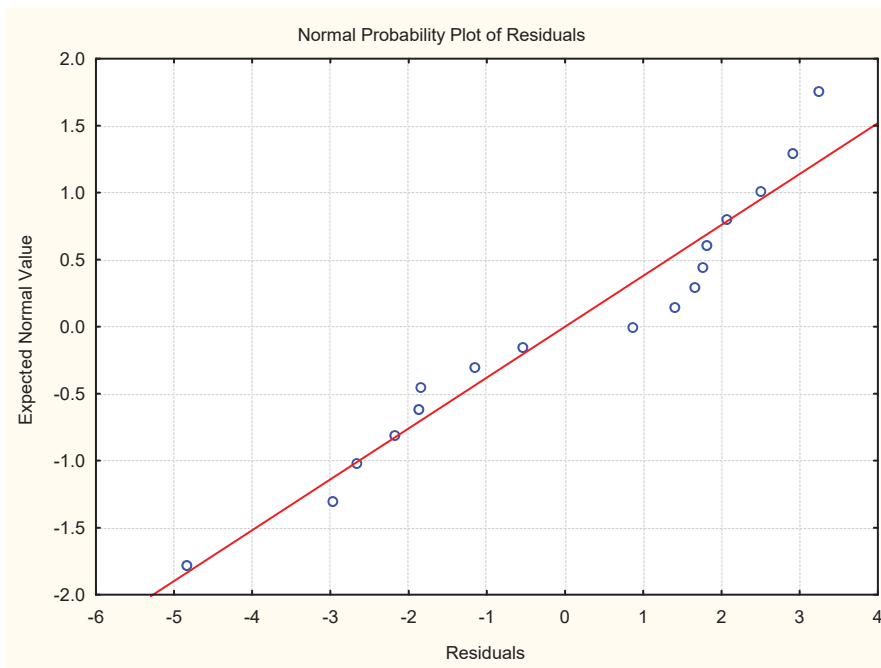
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

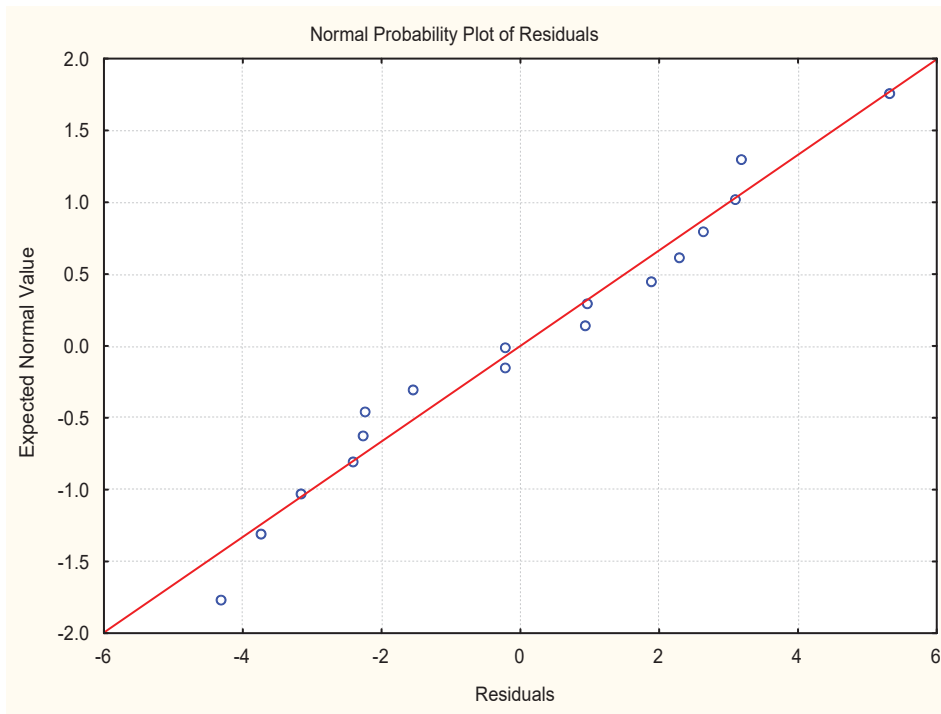
ANEXO 3 REGRESION MÚLTIPLE CON ARBOLADO



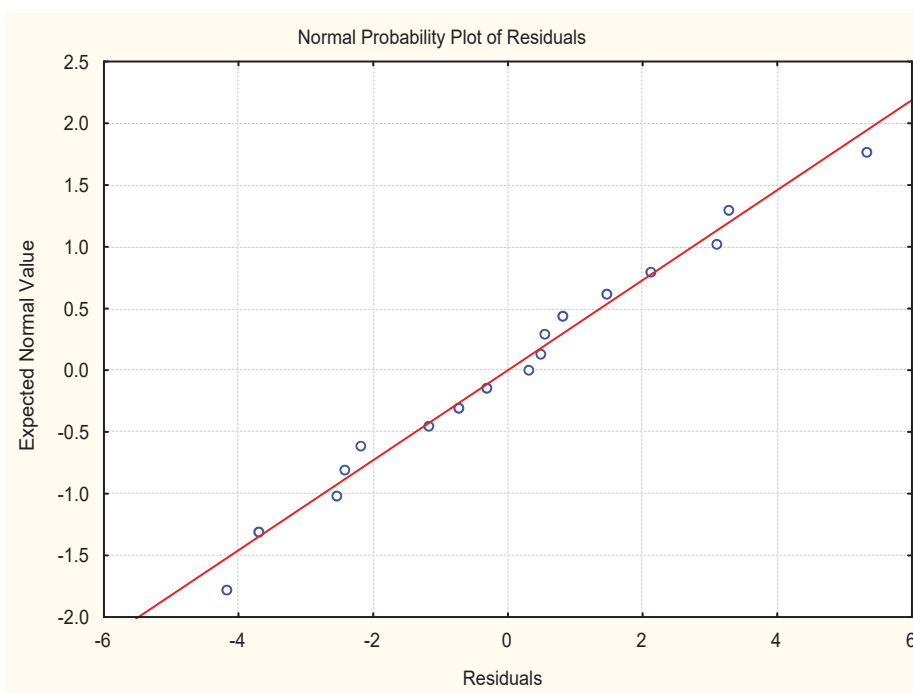
REGRESIÓN MÚLTIPLE PINTER Y PRECIPITACIÓN



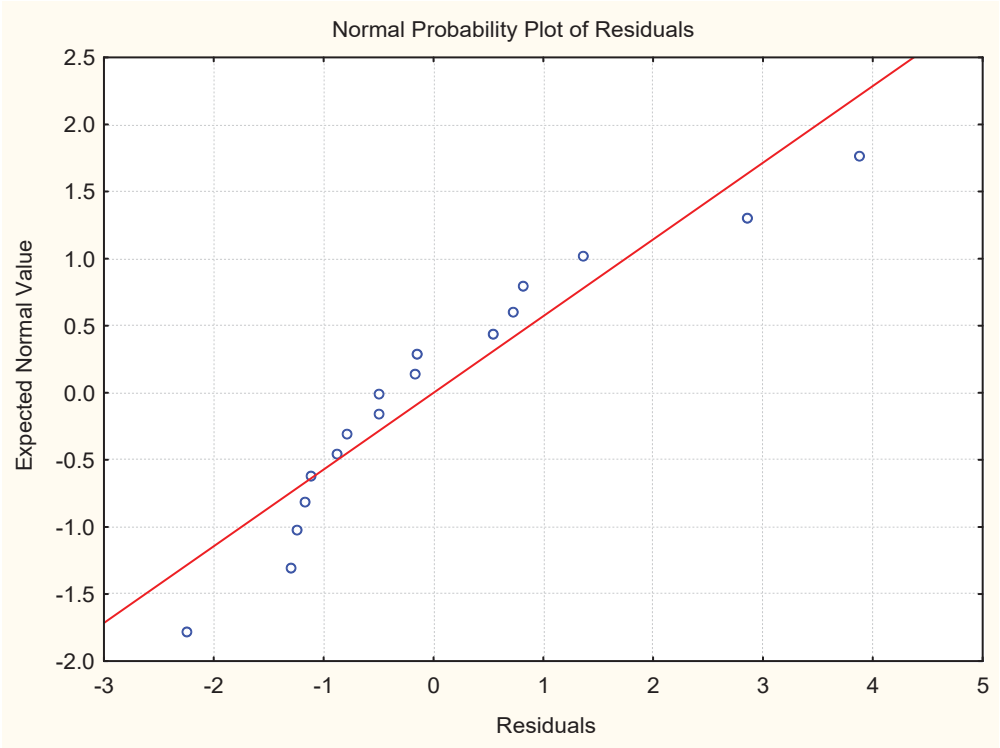
REGRESIÓN MÚLTIPLE PINTER Y HT HFL



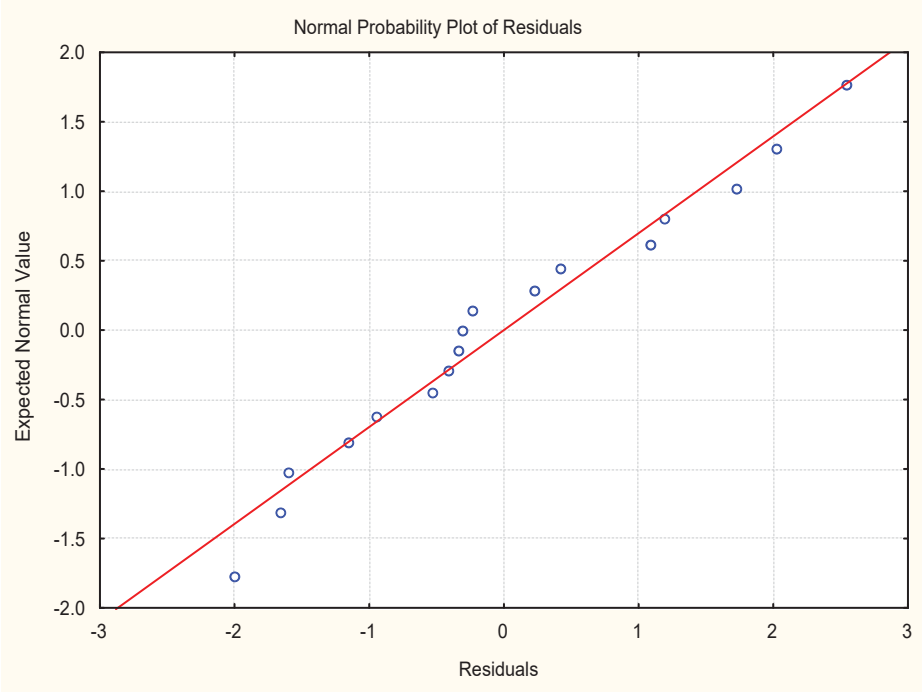
REGRESIÓN MÚLTIPLE PINTER Y DAP



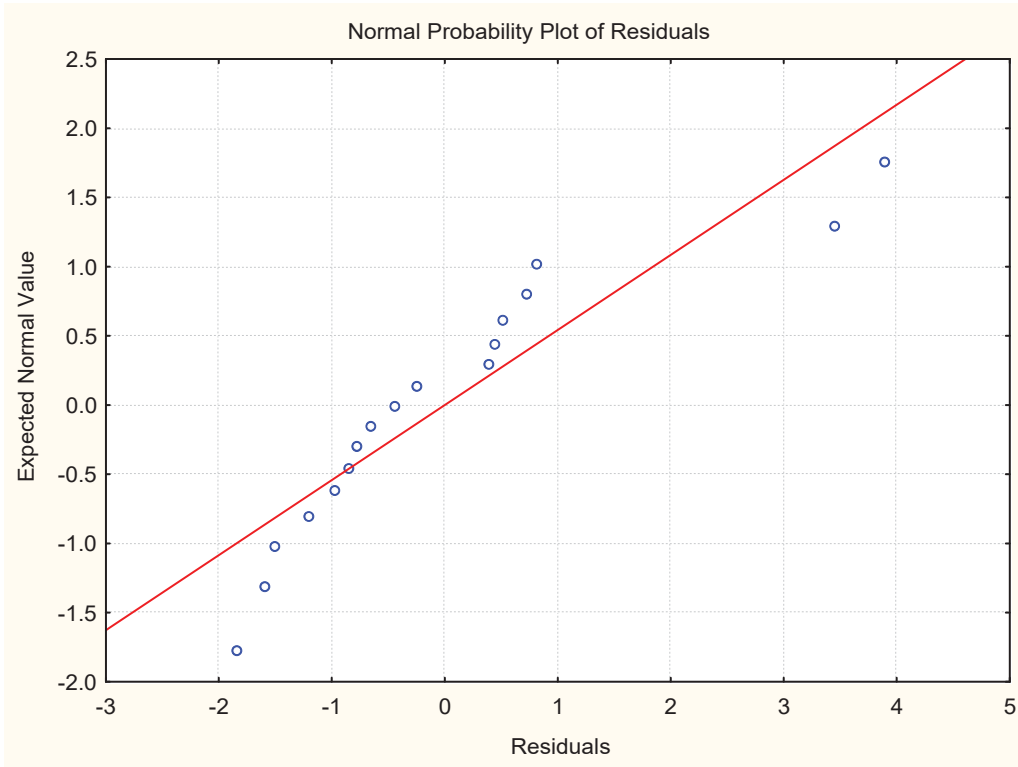
REGRESIÓN PINTER Y VCOPA



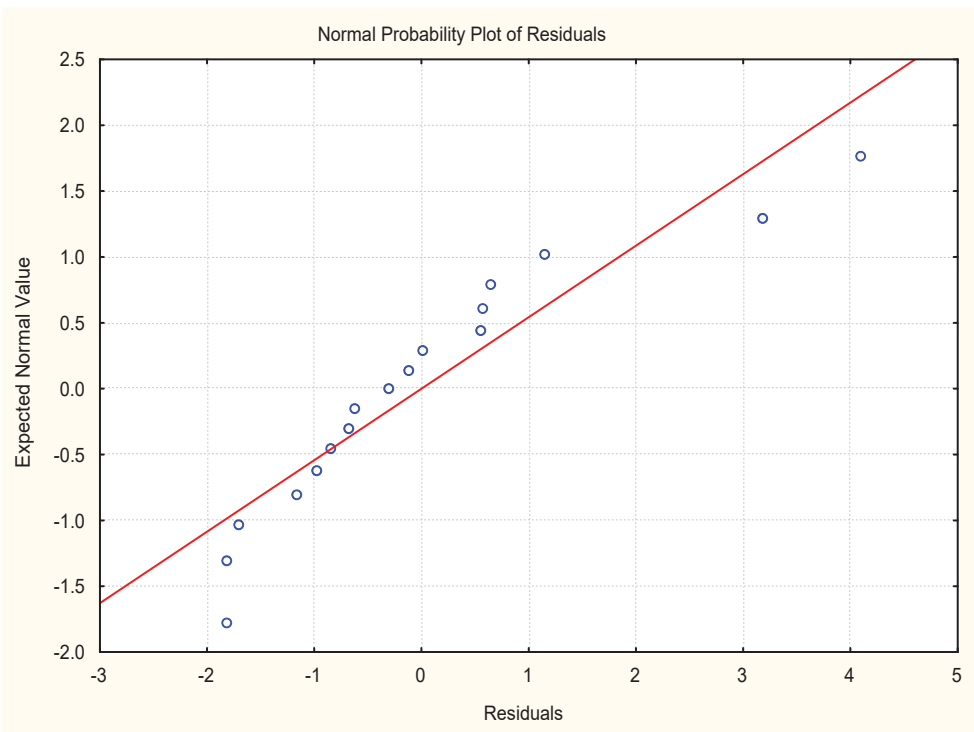
REGRE QINTER Y PRE



REGRE Q INTER Y HT HFL

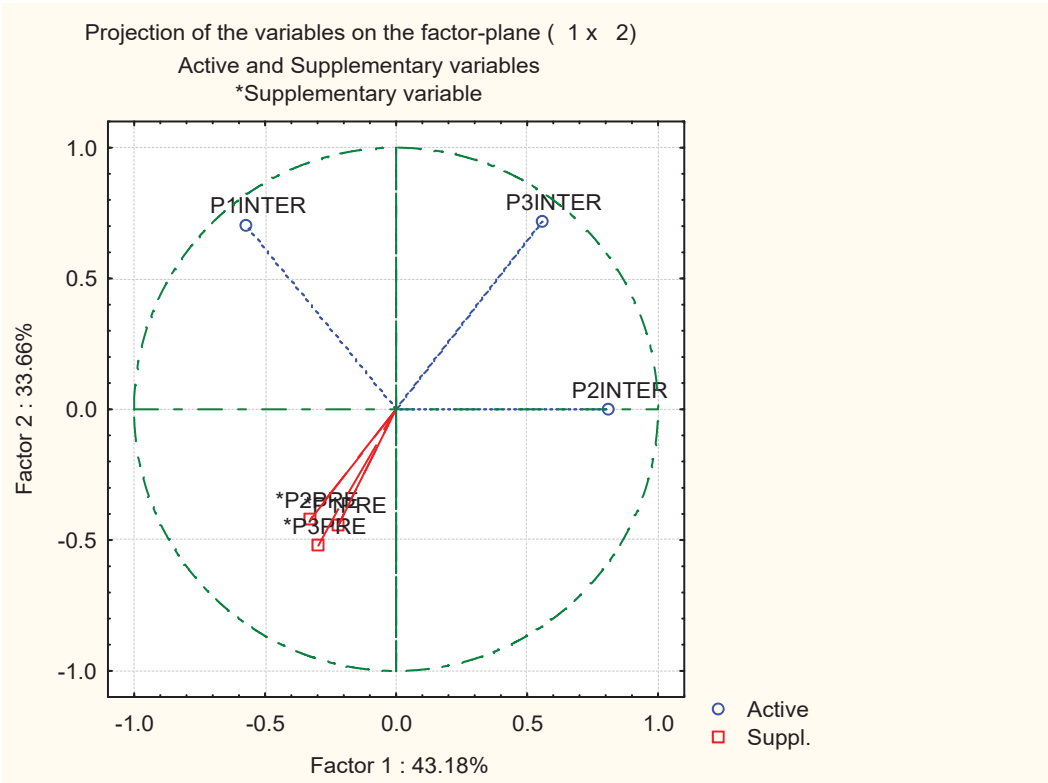


REGRE QINTER Y DAP



REGRE QINTER VCOPA

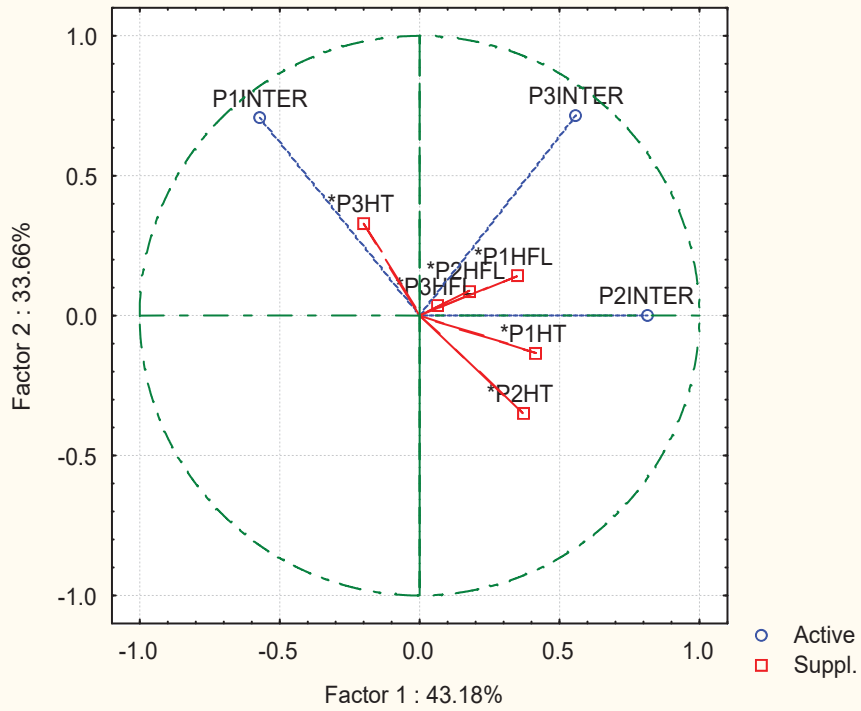
ANEXO 4.- ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON ARBOLADO

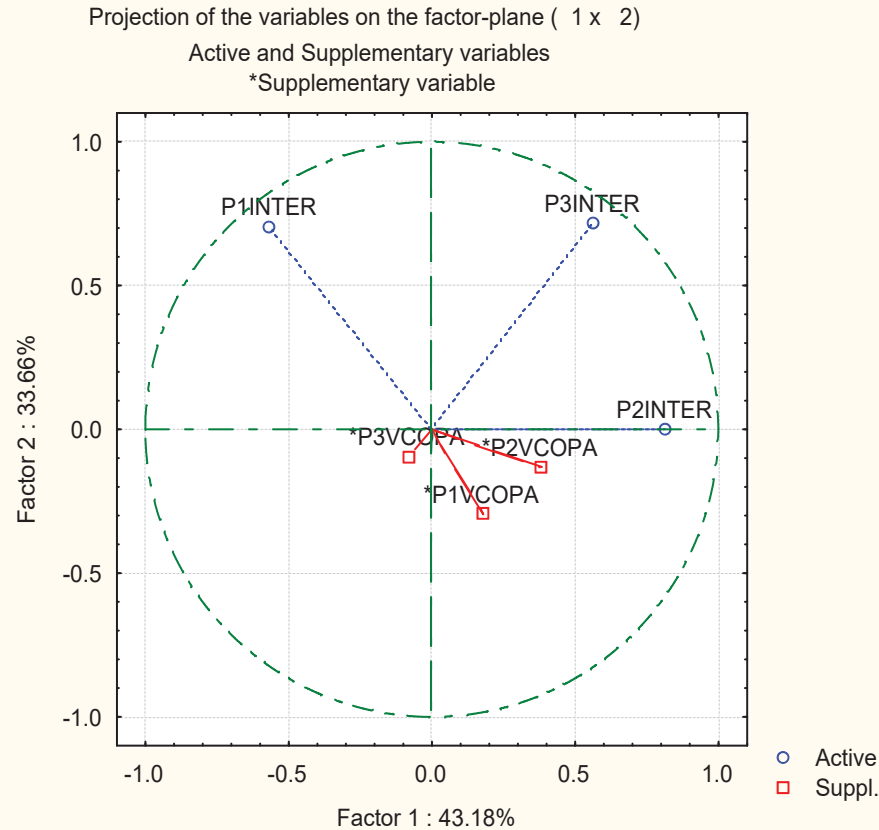
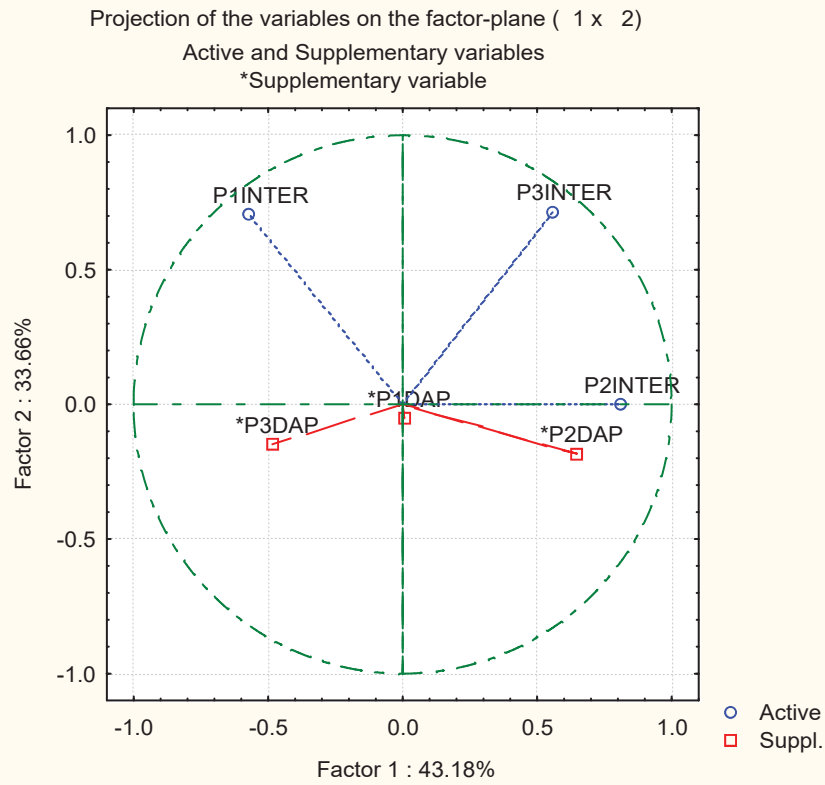


Projection of the variables on the factor-plane (1 x 2)

Active and Supplementary variables

*Supplementary variable

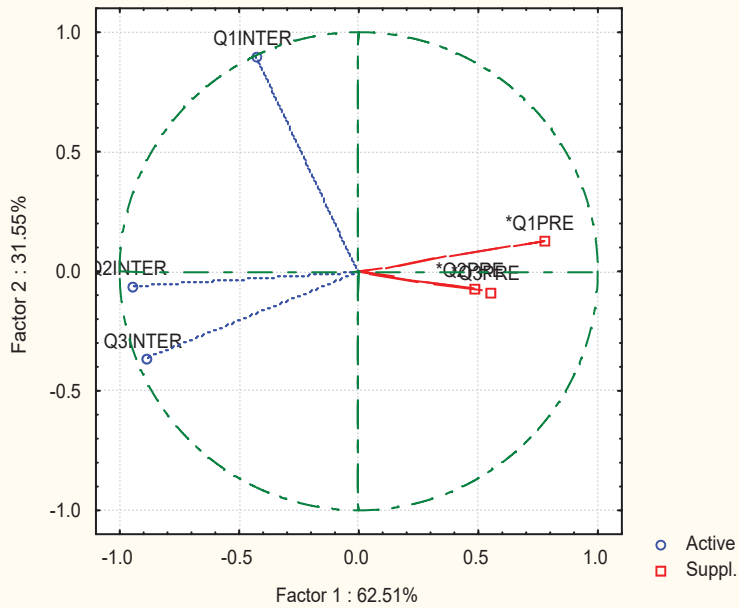




Projection of the variables on the factor-plane (1 x 2)

Active and Supplementary variables

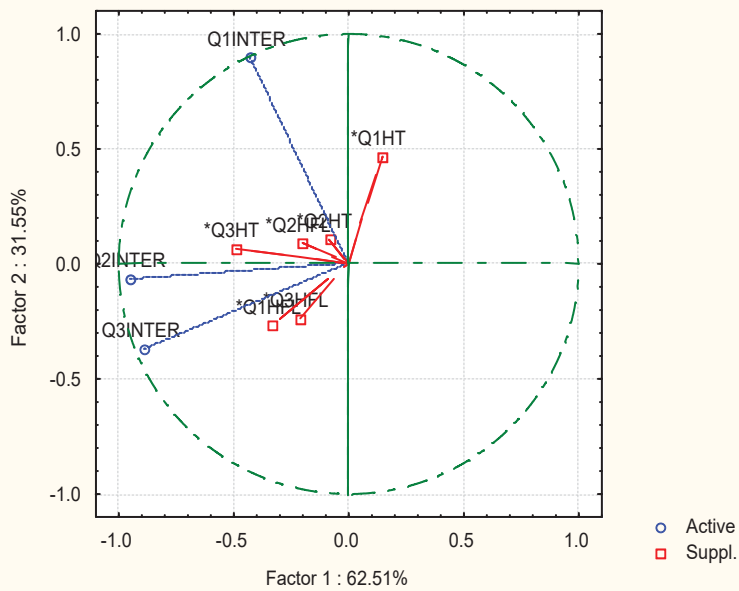
*Supplementary variable



Projection of the variables on the factor-plane (1 x 2)

Active and Supplementary variables

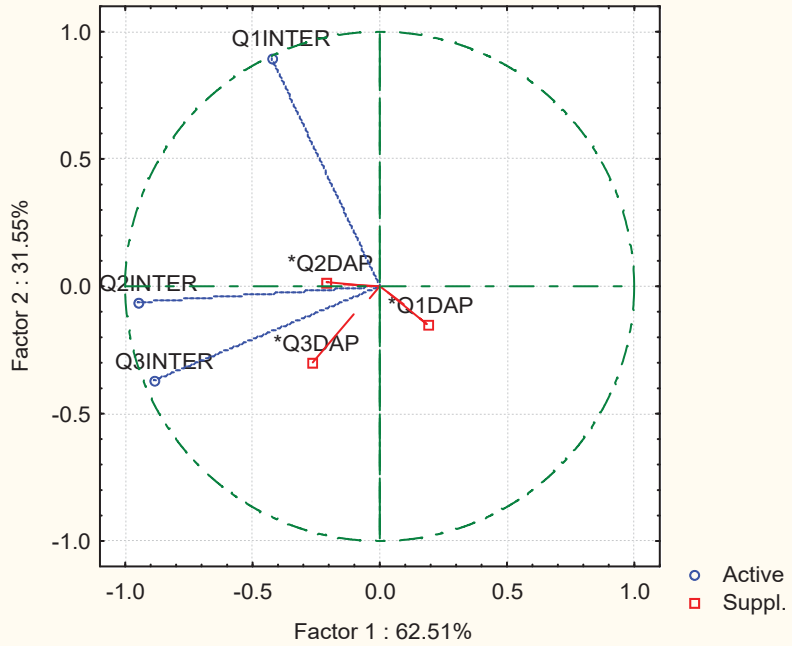
*Supplementary variable



Projection of the variables on the factor-plane (1 x 2)

Active and Supplementary variables

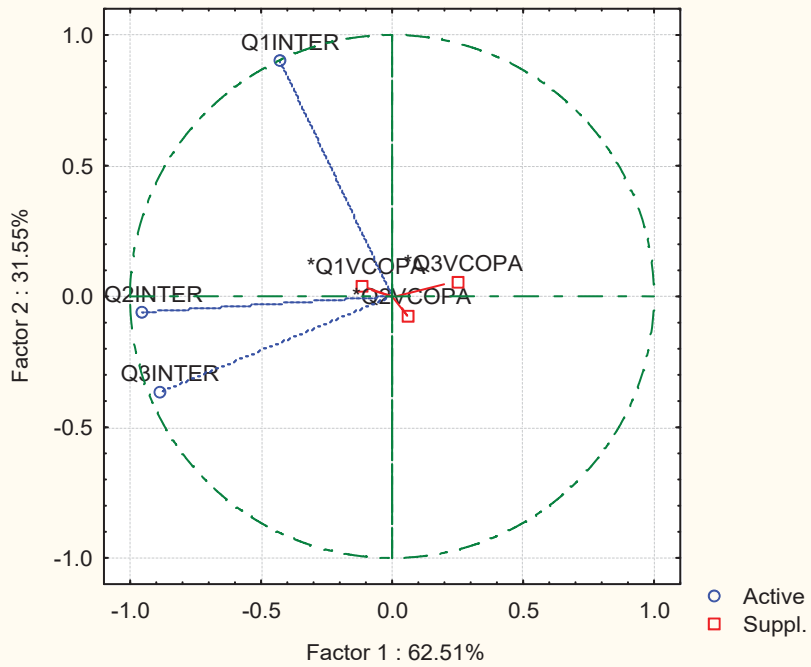
*Supplementary variable



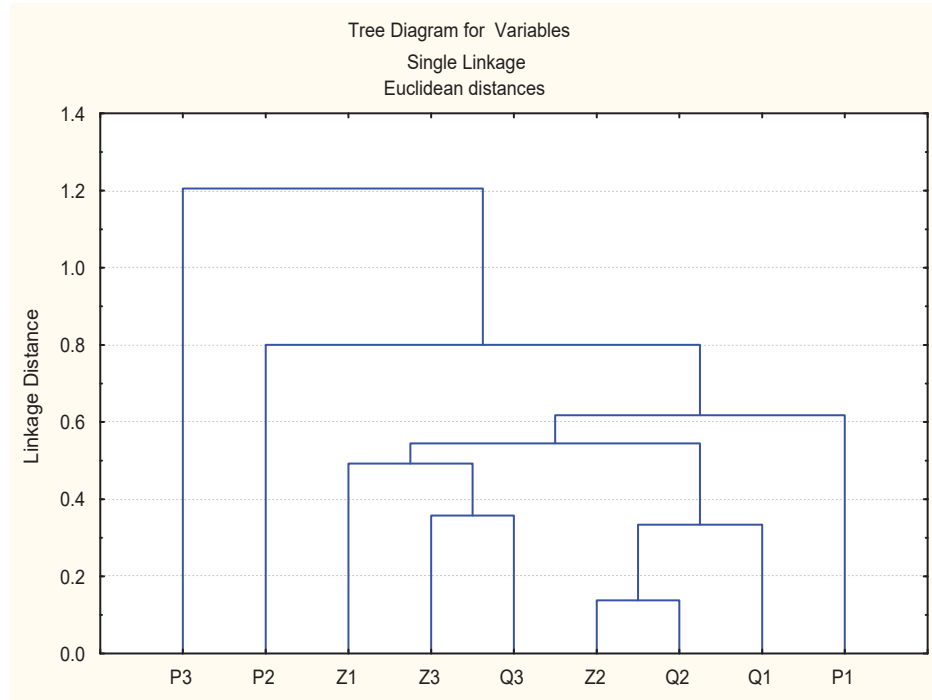
Projection of the variables on the factor-plane (1 x 2)

Active and Supplementary variables

*Supplementary variable

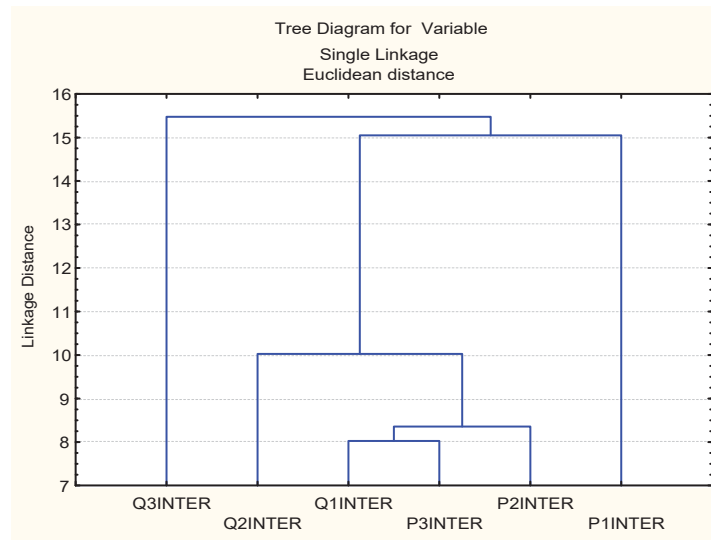


ANEXO 5.- ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO CON HOJARASCA, PASTIZAL Y ARBOLADO



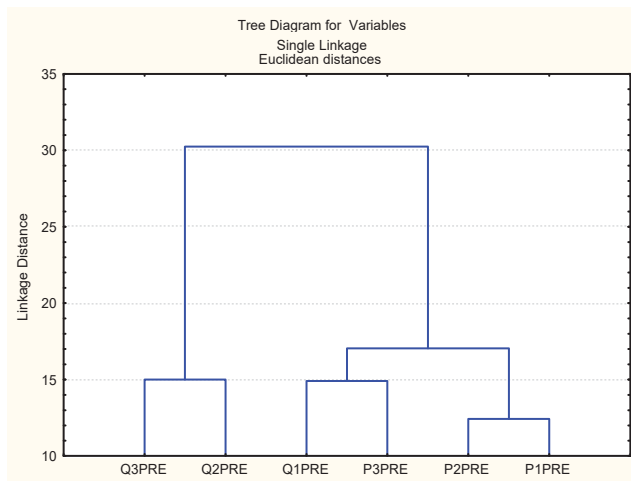
INTERCEPTACIÓN DE HOJARASCA Y PASTIZAL

Este cluster de interceptación entre sitios de hojarasca de pino, encino y pastizal, muestra que el sitio de pastizal tiene mayor afinidad con los sitios donde se midió la interceptación de la hojarasca de encino y muy poca con los sitios de hojarasca de pino.



INTERCEPTACIÓN DE ARBOLADO

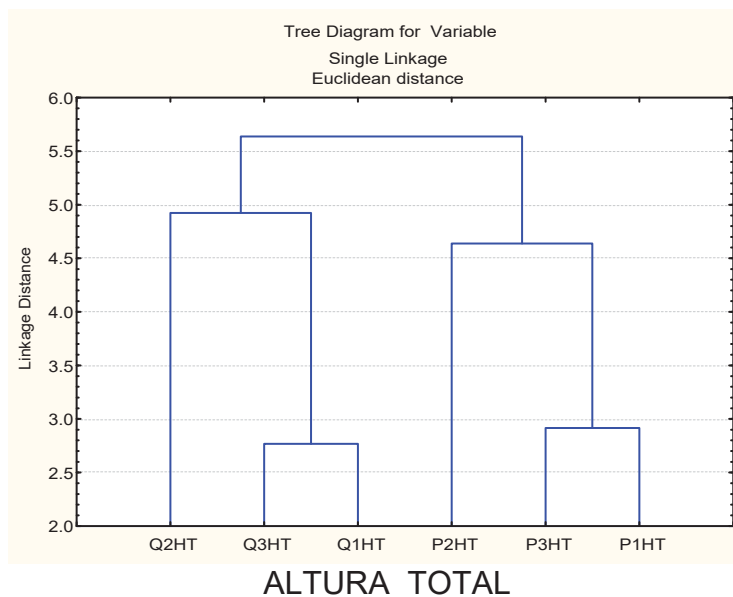
En la interceptación arbórea los sitios de pino y encino presentan notable diferencia principalmente los sitios P1 y Q3 y los sitios con mayor afinidad son P3 y Q1.



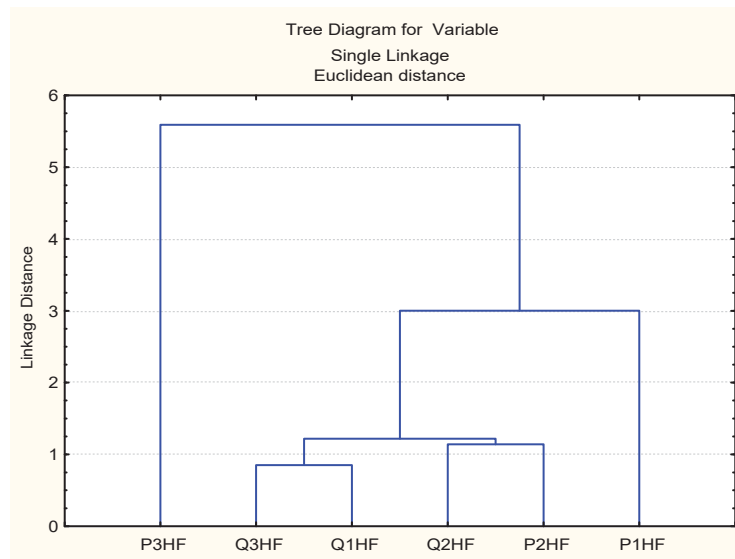
PRECIPITACIÓN EN LOS SITIOS.

Los sitios con mayor afinidad son los de pino, mientras que en encino la precipitación varió más.

Las precipitaciones son más afines entre los sitios : P3 y P1, Q1 y P3 , Q3 y Q2



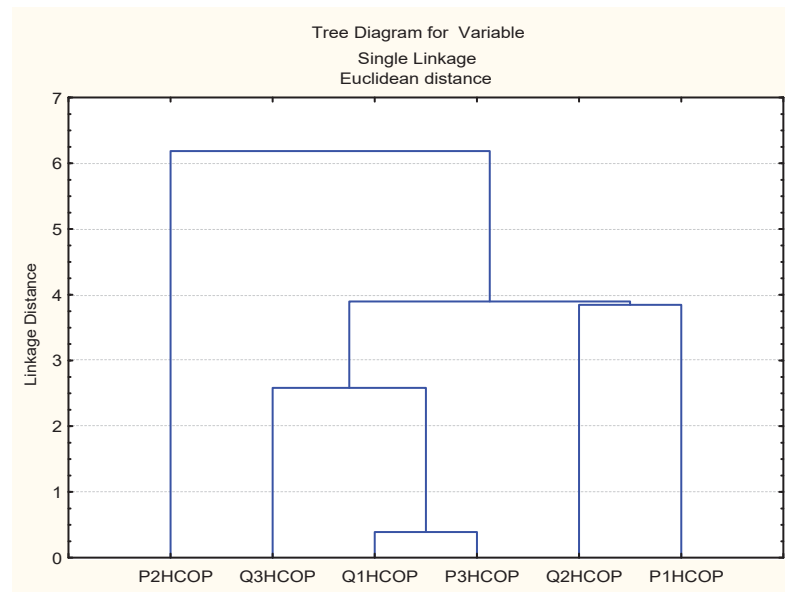
Este cluster de altura total muestra que los sitios con mayor afinidad son: P3 con P1, Q3 con Q1 y Q2 con P2



ALTURA DEL FUSTE LIMPIO O TRONCO LIBRE DE RAMAS.

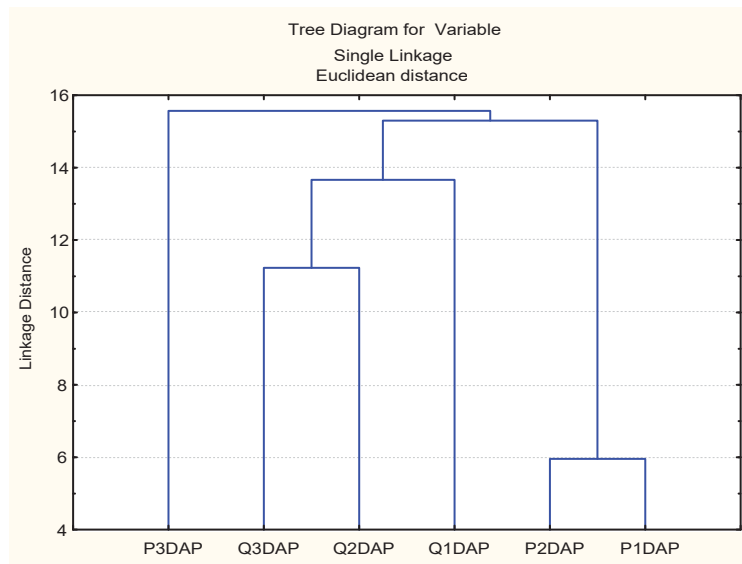
En el cluster de altura del fuste limpio para pinos y tronco libre de ramas para encino, muestra que los sitios que presentan mayor afinidad son : Q3 con Q1, Q2 con P2, y P1 con P3.

Los tres sitios de encino se relacionan mas con el sitio P2 y los sitios mas diferentes son P1 y P3.



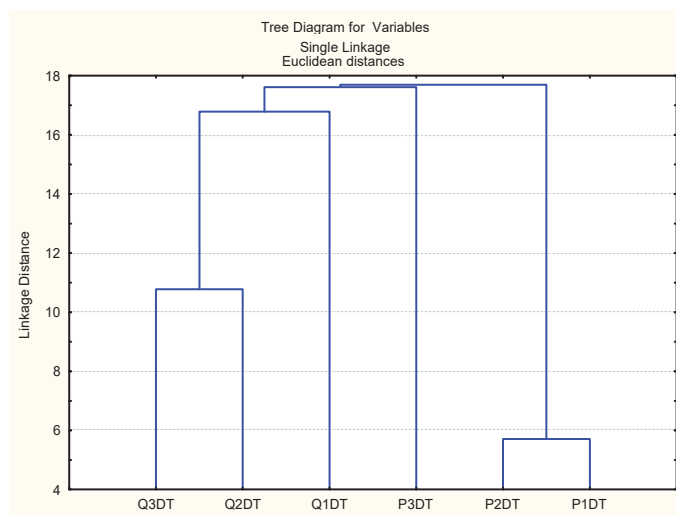
ALTURA DE COPA ENTRE SITIOS

En el análisis cluster de altura de copa muestra que los sitios con mayor afinidad son: Q1 con P3 y Q2 con P1.



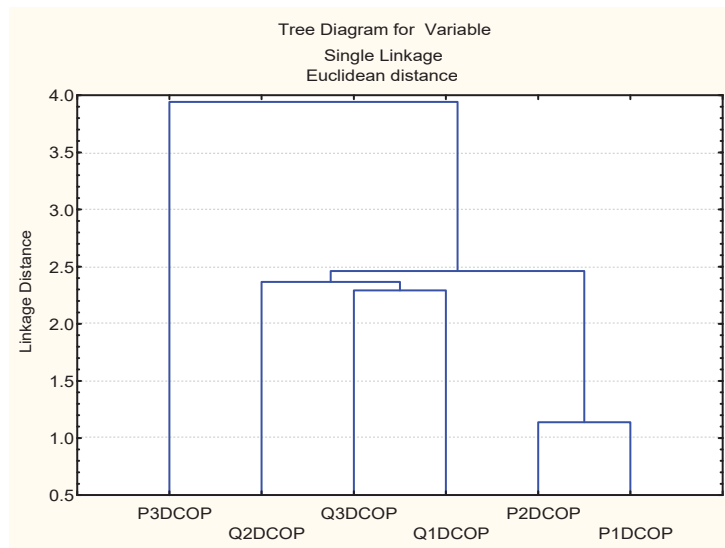
DIÁMETRO A 1.30 m

Al analizar el diámetro a 1.30 m de altura (DAP) se obtuvo que la mayor afinidad se encuentra entre Q3 y Q2, P2 y P1.



DIÁMETRO DEL TRONCO

Los sitios presentan mas afinidad en el cluster del diámetro del tronco son P2 y P1, Q3 y Q2



DIÁMETRO DE COPA

En el cluster del diámetro de copa muestra que los sitios con mayor afinidad son, entre os sitios de pino 1 y 2, también entre los sitios de encino Q3 y Q1