



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



RESPUESTA HIDROLÓGICA DE MICROCUENCAS FORESTALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Pedro Rivera Ruiz
Juan Enrique Rubiños Panta
Demetrio Salvador Fernández Reynoso
Jorge Víctor Prado Hernández
Ulises Dehesa Carrasco

05 OCTUBRE DE 2023



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



CONTENIDO

🌐 INTRODUCCIÓN

🌐 MATERIALES Y METODOS

🌐 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

🌐 CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Las interacciones entre las coberturas forestales y el agua se han estudiado durante más de un siglo. Se han publicado varias investigaciones clásicas sobre las respuestas hidrológicas al cambio forestal en cuencas con superficies $<100 \text{ km}^2$, que proporcionan una visión del impacto del cambio forestal en el escurrimiento anual en cuencas pequeñas (Brown et al., 2005; van Dijk et al., 2012). Una conclusión general extraída de los estudios es que la deforestación puede aumentar el escurrimiento anual, mientras que la forestación o mantener y mejorar la cobertura forestal, afecta al flujo de los arroyos en sentido contrario (Beck et al., 2013; Zhang et al., 2015).

Sin embargo, ha habido algunas respuestas inconsistentes, lo que sugiere que la intensidad de respuesta del escurrimiento anual al cambio de la cubierta forestal puede ser variable entre las cuencas hidrográficas, especialmente para las cuencas con forestación o reforestación o en las que se establecen obras y prácticas de manejo del agua y suelo (Lacombe et al., 2016).

Durante la última década, se implementaron obras y prácticas conservacionistas de los recursos agua, suelo y bosque en microcuencas forestales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, y una incógnita que se tiene es el saber cuáles son los efectos que éstas tienen en la respuesta hidrológica, por lo que se establecieron dos microcuencas pareadas donde se evaluó de forma sistemática y continua los escurrimientos con el objeto de estudiar el funcionamiento hidrológico de las microcuencas y definir la respuesta hidrológica frente a eventos pluviométricos de diferente intensidad y determinar los factores que mejor explican el tipo de respuesta.



PRESAS DE GAVIONES



PRESAS DE GEOCOSTALES



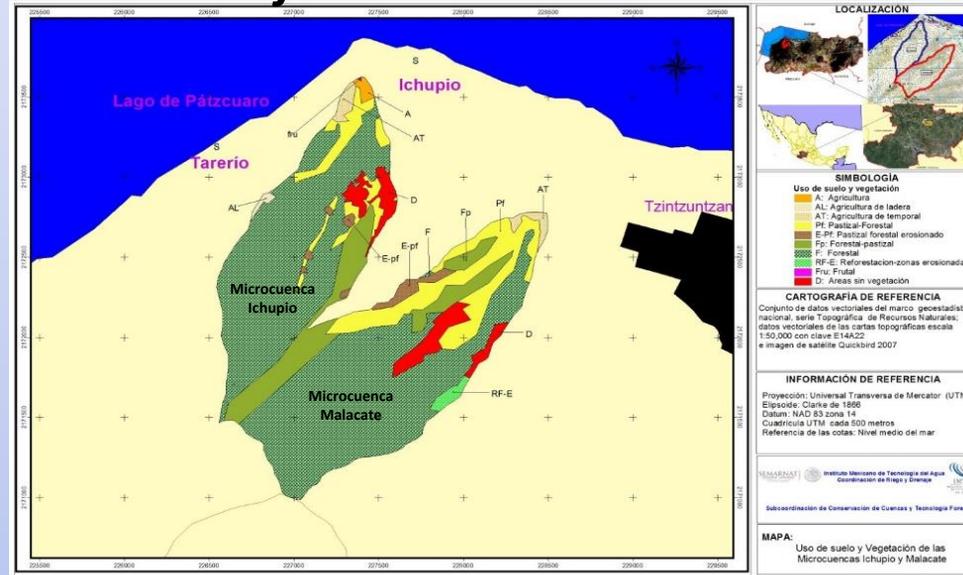
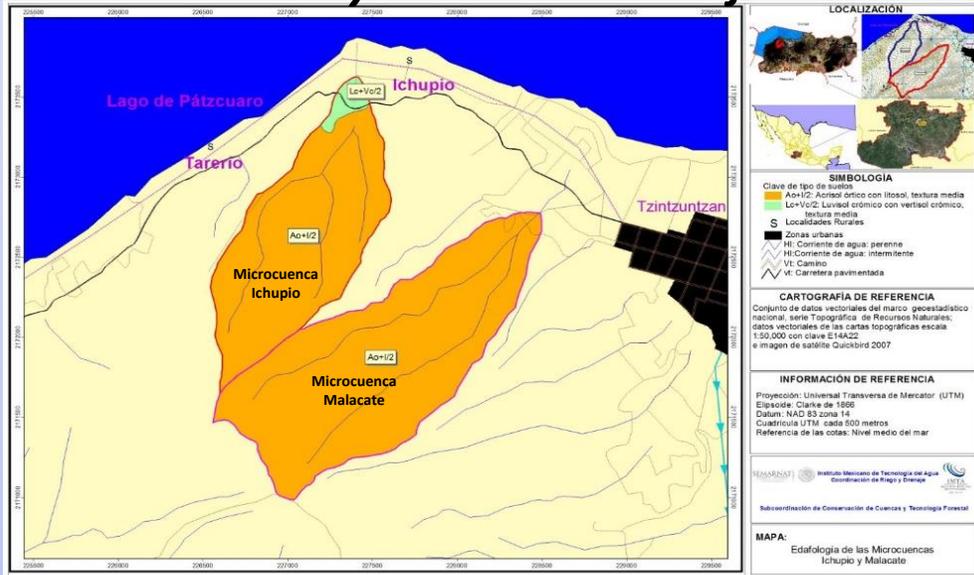
PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA



REFORESTACIÓN CON PINO, MAGUEY Y PASTO VETIVER

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización física de las microcuencas forestales



Microcuenca ICHUPIO:

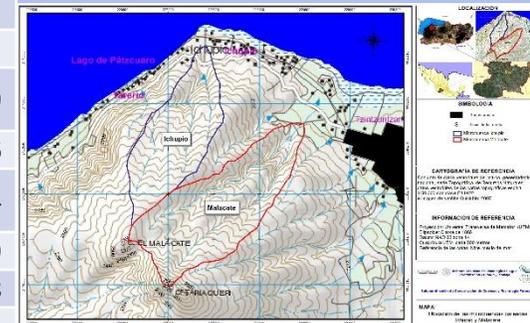
CON obras y prácticas de conservación de suelo y agua.

Microcuenca MALACATE:

SIN obras y prácticas de conservación de suelo y agua.

Parámetros	Malacate	Ichupio
Área (ha)	149.25	101.94
Perímetro (km)	5.96	4.76
Longitud total de corrientes (km)	4.29	3.14
Longitud del cauce principal (km)	2.26	1.61
Altura media de la cuenca (m)	2 351.55	2 290.33
Pendiente media de la cuenca (%)	28.78	15.99
Pendiente media del cauce principal (%)	18.55	20.05
Índice de forma	0.29	0.39
Relación de circularidad	0.56	0.56
Coefficiente de compacidad	1.32	1.33
Proporción de elongación	0.61	0.70

Clave	Descripción uso de suelo	Superficie (ha) y % por microcuenca			
		Ichupio		Malacate	
		ha	%	ha	%
A	A: Agricultura	1.09	1.07		
AL	AL: Agricultura de ladera	0.65	0.64		
AT	AT: Agricultura de temporal	1.74	1.70	1.77	1.19
Pf	Pf: Pastizal-Forestal	10.72	10.51	24.86	16.66
E-pf	E-Pf: Pastizal forestal erosionado	1.21	1.19	2.74	1.84
Fp	Fp: Forestal-pastizal	7.53	7.38	19.39	12.99
F	F: Forestal	73.61	72.20	91.31	61.18
RF-E	RF-E: Reforestación-zonas erosionadas			1.80	1.20
fru	Fru: Frutal	0.03	0.03		
D	D: Áreas sin vegetación	5.39	5.28	7.37	4.94
Total		101.95	100.00	149.25	100.00



MATERIALES Y MÉTODOS

Instrumentación:

VERTEDOR DE GARGANTA LARGA:

**EN LA MICROCUENCA ICHUPIO
PARA REGISTRAR GASTOS DE HASTA
3 m³/s.**



**EN LA MICROCUENCA MALACATE
PARA REGISTRAR GASTOS DE HASTA
7 m³/s.**



MATERIALES Y MÉTODOS

Instrumentación:

- Pluviómetros digitales HOBO modelo RG3-M con los que se registran las lluvias (ENTRADAS) con un data logger donde se registran los datos con precisión de 0.2 mm de lluvia.



- Instalación de equipo medidor con sensor ultrasónico para registro de información de gasto cada 3 minutos (SALIDAS), equipado con panel solar con tecnología propia desarrollada en el IMTA que envía los datos vía GSM mediante telemetría a un Telit que registra la información en un servidor.



MATERIALES Y MÉTODOS

- Evolución en el sistema de medición mediante el mejoramiento de equipo para su funcionamiento en condiciones extremas de clima, y en el envío y registro de datos con tecnología GSM y visualización en página WEB.



MEDIDOR SELECCIONADO: MALACATE CERRAR SESIÓN

Estadística de Medicion

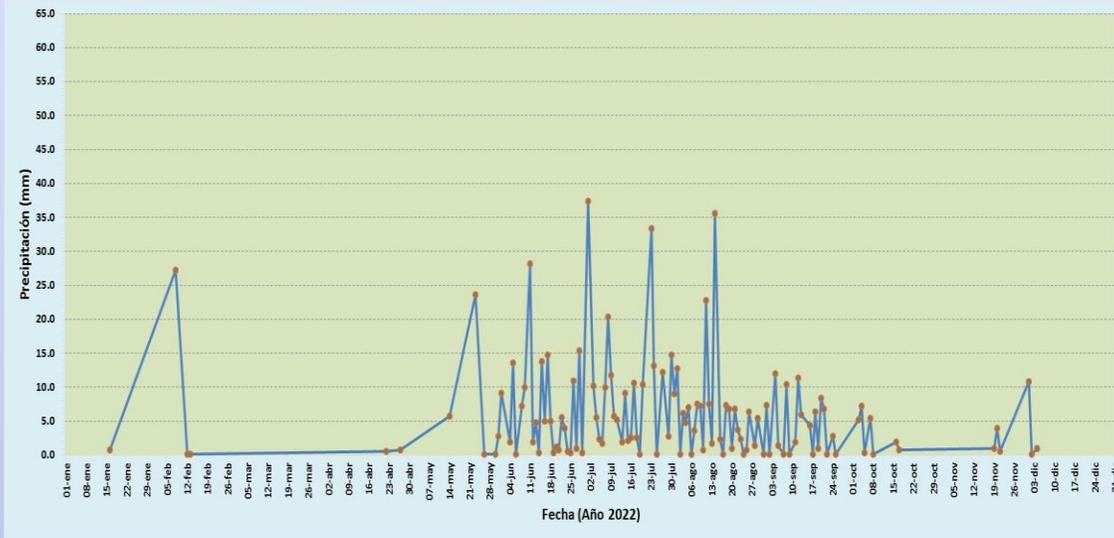
Fecha Inicio: 2022/08/12 Fecha Fin: 2022/08/13

GENERAR EVENTOS EXPORTAR EXCEL GRAFICAR EVENTOS GASTO

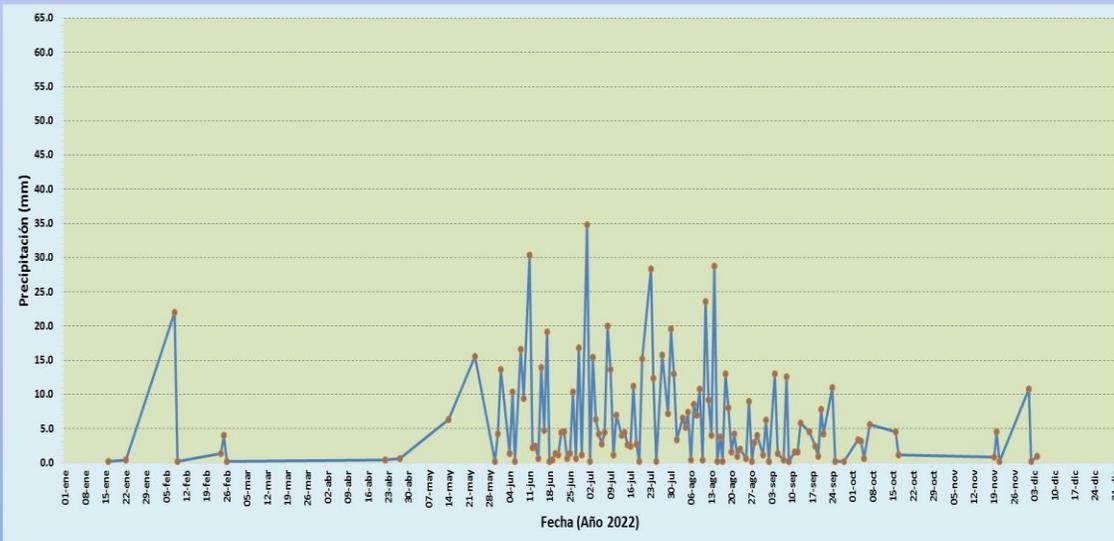
MEDIDOR	FECHA	HORA	TIRANTE	GASTO	TEMPERATURA
MALACATE	12/08/2022	18:21:11	0.7627	2.38	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:24:00	1.3431	6.11	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:27:01	10.2961	183.44	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:30:03	13.0146	271.29	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:33:05	13.0129	271.23	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:36:06	12.5123	254.03	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:39:08	11.7317	228.12	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:42:10	11.3822	216.88	20.06
MALACATE	12/08/2022	18:45:11	10.7781	198.00	20.06
MALACATE	12/08/2022	18:48:00	10.2401	181.78	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:51:02	9.7989	168.89	20.00
MALACATE	12/08/2022	18:54:03	9.2118	152.33	20.06
MALACATE	12/08/2022	18:57:05	8.9012	143.85	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:00:07	8.5211	133.74	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:03:08	8.1800	124.92	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:06:10	7.5929	110.31	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:09:12	7.2790	102.80	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:12:00	6.9922	96.12	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:15:02	6.7783	91.27	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:18:04	6.5476	86.14	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:21:05	6.2506	79.71	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:24:07	5.9859	74.15	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:27:09	5.6736	67.81	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:30:10	6.6697	88.84	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:33:12	6.9226	94.53	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:36:01	6.4797	84.65	20.06
MALACATE	12/08/2022	19:39:02	6.6867	89.21	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:42:04	6.0520	75.53	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:45:06	6.1929	78.49	20.00
MALACATE	12/08/2022	19:48:04	5.7008	68.35	20.00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

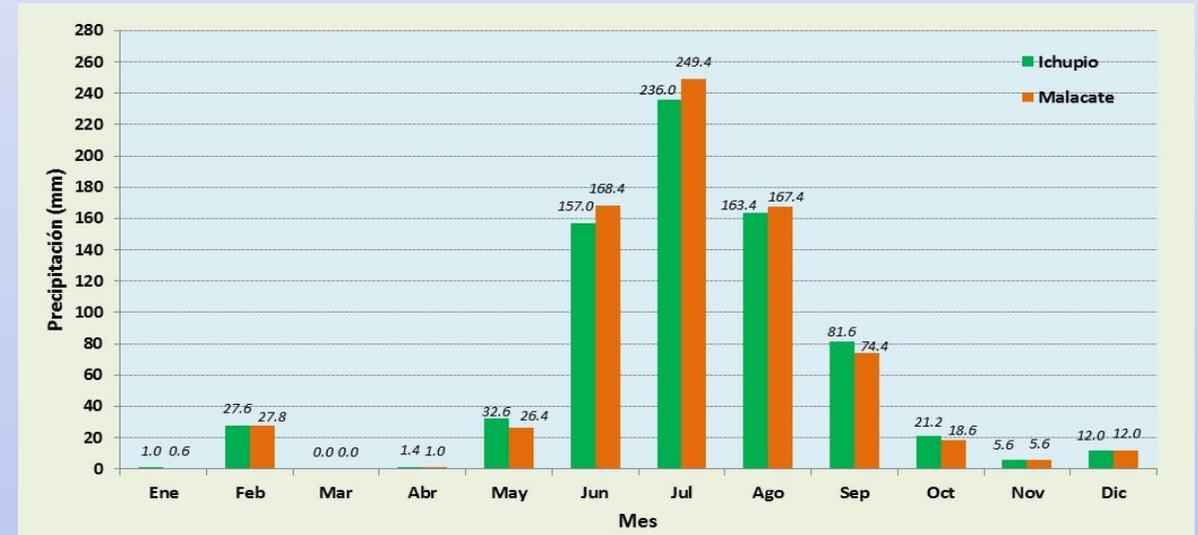
- Análisis de la medición de lluvia.



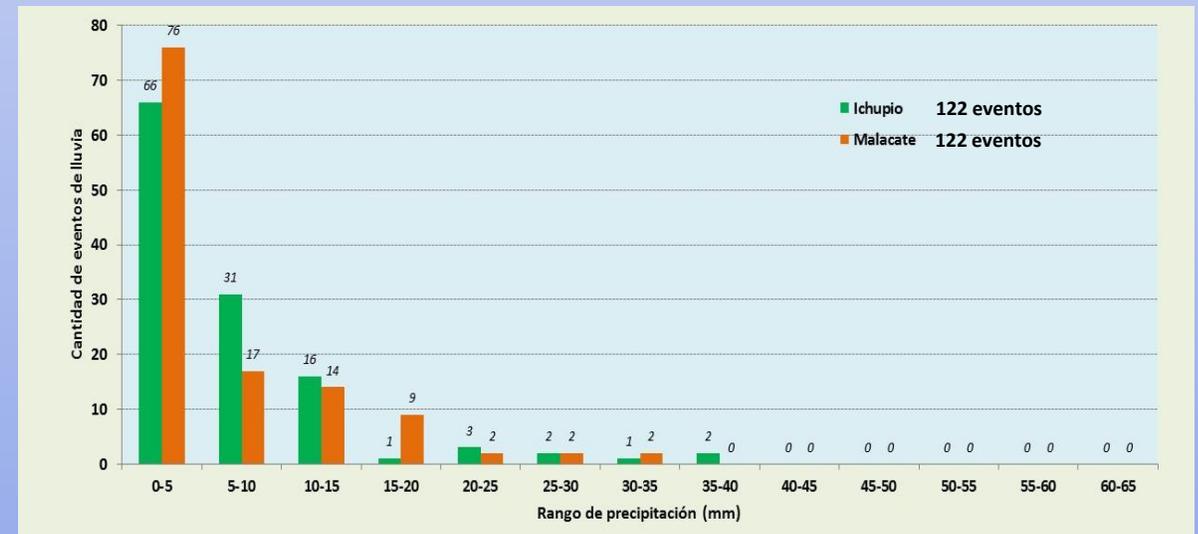
Microcuenca Ichupio: 739.4 mm



Microcuenca Malacate: 751.6 mm



Precipitación mensual por microcuenca.



Distribución de eventos diarios por rango de precipitación por microcuenca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Análisis de la respuesta hidrológica.



Se presentaron 20 eventos de escurrimiento en la microcuenca Malacate y 9 eventos en la microcuenca Ichupio.

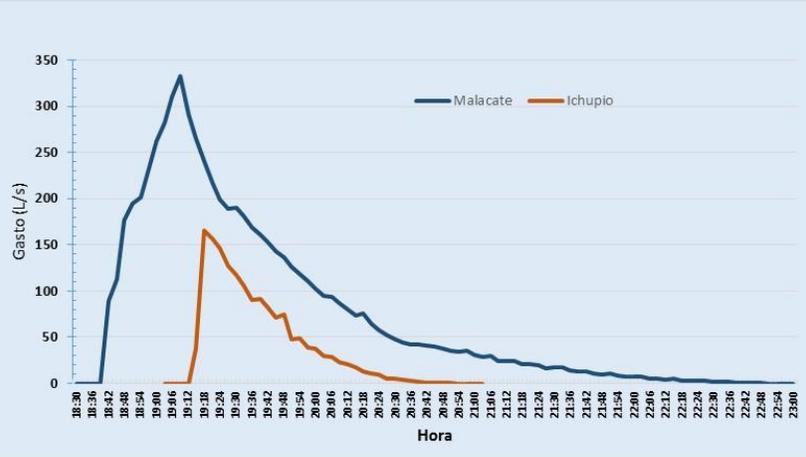
Se analizan 5 eventos de lluvia que generaron escurrimiento en ambas microcuencas durante 2022.

- 24 de julio
- 30 de julio
- 11 de agosto
- 12 de agosto
- 14 de agosto

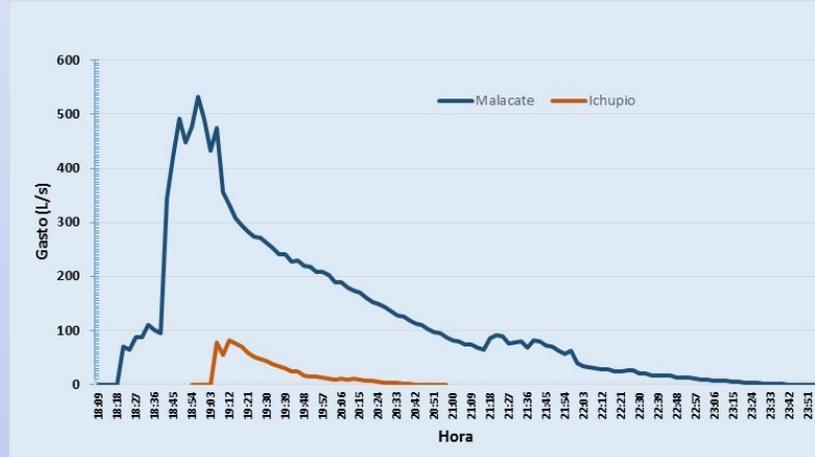


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

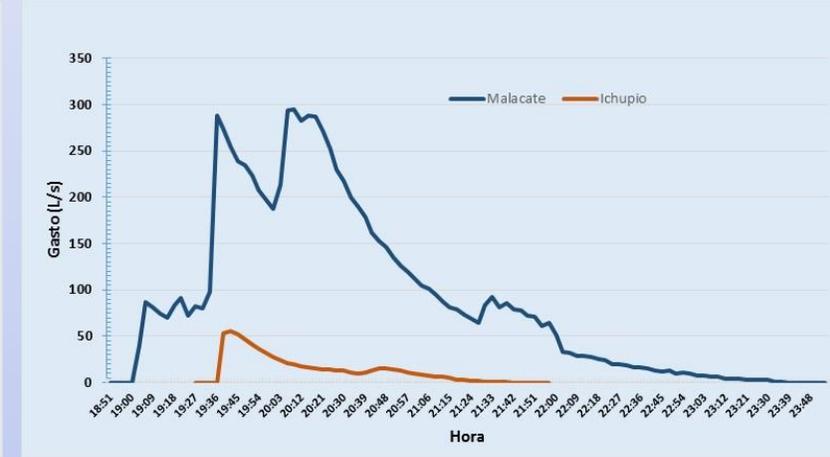
- Análisis de la respuesta hidrológica.



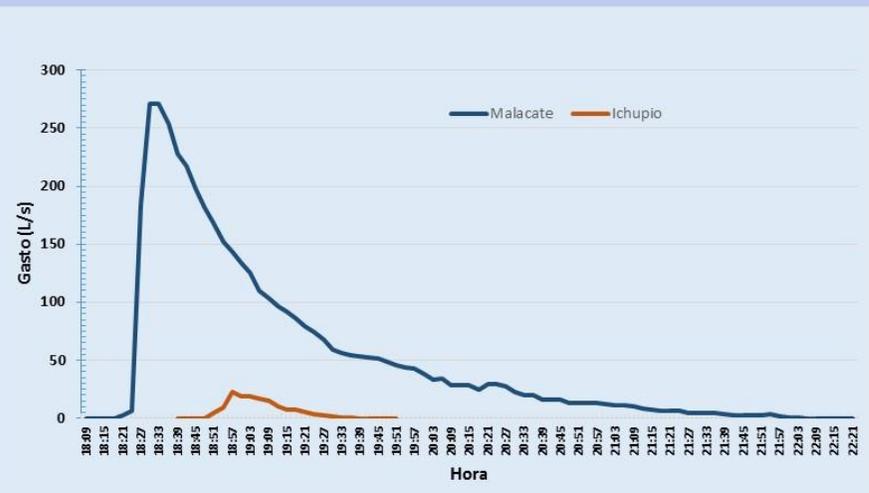
Hidrograma del 24 de julio de 2022



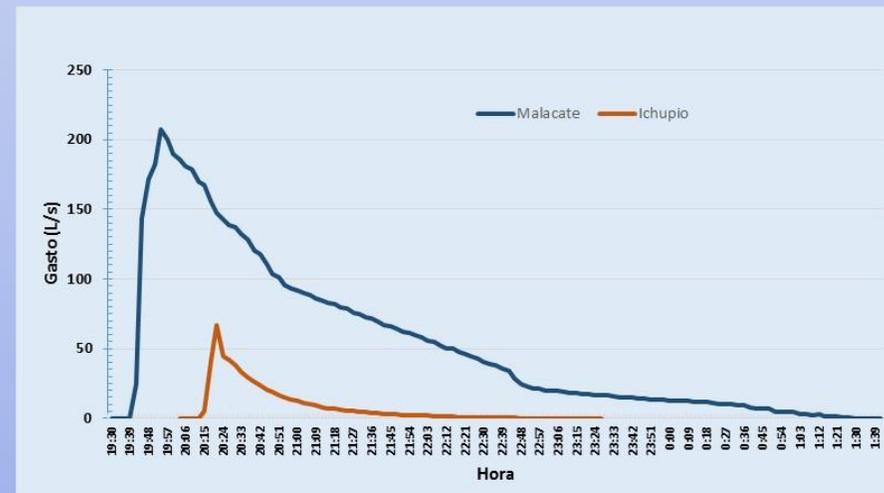
Hidrograma del 30 de julio de 2022



Hidrograma del 11 de agosto de 2022



Hidrograma del 12 de agosto de 2022



Hidrograma del 14 de agosto de 2022

- El escurrimiento máximo que se presentó en la microcuenca Malacate fue casi de 200% y hasta 400% mayor del que se registró en la microcuenca Ichupio.

- Se registró un “retraso” de 30 a 40 minutos para que iniciara el caudal en la microcuenca Ichupio comparado con el tiempo de inicio del escurrimiento en la microcuenca Malacate.

- Al terminar el escurrimiento en la microcuenca Ichupio, en la microcuenca Malacate éste continuaba, y se llegó a registrar un tiempo de dos a tres horas en que seguía registrando el escurrimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Análisis de la respuesta hidrológica de las microcuencas Ichupio y Malacate.

Cuadro 1. Información de la evaluación de la respuesta hidrológica en la microcuenca Malacate (SIN obras y prácticas de conservación) obtenidos en el 2022.

Fecha	Precipitación del día (mm)	Precipitación del evento (mm)	Precipitación de 5 días previos (mm)	Volumen escurrido (L)	Lámina de escurrimiento (mm)	Coefficiente de escurrimiento	Escurrimiento máximo (L/s)	Escurrimiento medio (L/s)	Duración de la lluvia (min)	Intensidad media de la lluvia (mm/h)
24-jul-22	12.4	11.8	44.0	1,220,637.26	0.818	0.0693	332.58	80.50	30.3	23.23
30-jul-22	19.6	7.8	34.6	2,520,235.67	1.689	0.2165	531.96	129.64	24.4	19.21
11-ago-22	23.6	23.2	27.2	1,642,649.29	1.101	0.0474	295.33	97.08	99.7	13.96
12-ago-22	9.2	9.0	50.4	828,296.51	0.555	0.0617	271.29	57.03	65.1	8.29
14-ago-22	28.8	6.0	70.4	2,264,408.49	1.517	0.2529	207.73	56.71	15.8	22.78
Total	93.6	57.8		8,476,227.22	5.680	0.0983				

Superficie de la microcuenca: 149.25 ha

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Análisis de la respuesta hidrológica de las microcuencas Ichupio y Malacate.**

Cuadro 2. Información de la evaluación de la respuesta hidrológica en la microcuenca Ichupio (CON obras y prácticas de conservación) obtenidos en el 2022.

Fecha	Precipitación del día (mm)	Precipitación del evento (mm)	Precipitación de 5 días previos (mm)	Volumen escurrido (L)	Lámina de escurrimiento (mm)	Coefficiente de escurrimiento	Escurrimiento máximo (L/s)	Escurrimiento medio (L/s)	Duración de la lluvia (min)	Intensidad media de la lluvia (mm/h)
24-jul-22	13.2	12.6	44.0	290,668.75	0.285	0.0226	156.44	48.93	32.7	23.10
30-jul-22	14.8	5.4	23.2	154,832.47	0.152	0.0281	81.55	25.30	27.4	11.82
11-ago-22	22.8	22.2	19.4	123,557.56	0.121	0.0055	55.80	15.96	71.8	18.55
12-ago-22	7.6	7.6	42.0	26,380.21	0.026	0.0034	22.43	8.62	71.2	6.40
14-ago-22	35.6	11.6	64.0	101,210.32	0.099	0.0086	66.59	10.04	33.1	18.23
Total	94.0	59.4		696,649.31	0.683	0.0115				

Superficie de la microcuenca: 101.94 ha

Se redujo en 87.98% la aportación de escurrimiento superficial (se infiltra más agua en la microcuenca) por la presencia de obras y prácticas conservacionistas.

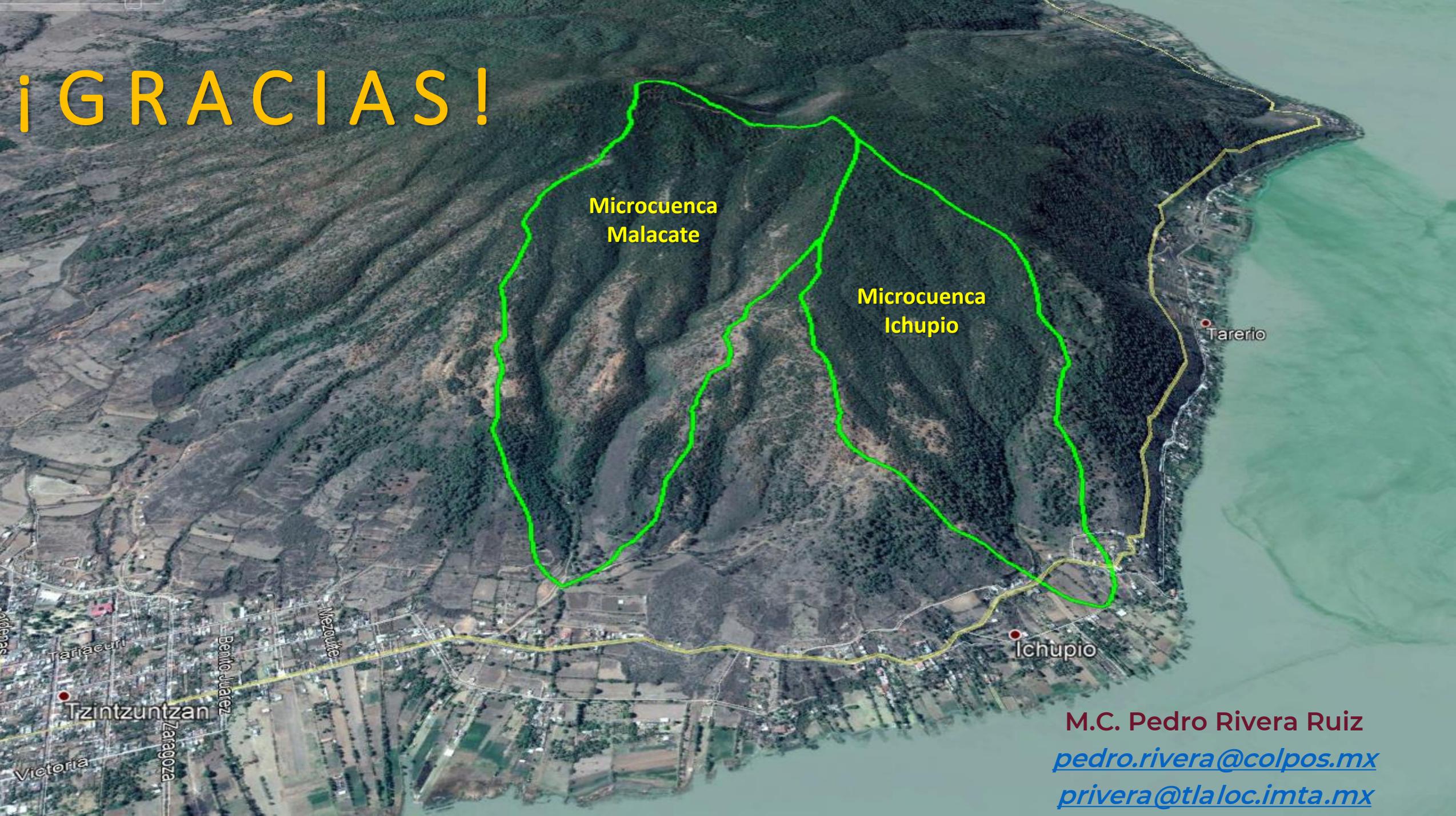
La respuesta del escurrimiento dependió de condiciones de la lluvia como fue: la cantidad, el tiempo, la intensidad y la cantidad de lluvia de los cinco días previos, que en suma influyeron para que se presentara un escurrimiento mayor en cantidad y en tiempo.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que las obras y prácticas conservacionistas que se tienen establecidas en la microcuenca Ichupio influyen en la respuesta hidrológica al favorecer la retención y disminuir la velocidad del movimiento de los escurrimientos, ya que se registró que éste iniciaba después de 30 a 40 minutos comparado con el tiempo de inicio del escurrimiento de la microcuenca Malacate.
2. Por otro lado, también se observó una mayor retención del agua e infiltración, porque en la microcuenca Ichupio terminaba el escurrimiento superficial de dos a tres horas antes comparado con el tiempo en que finaliza en la microcuenca Malacate.
3. En la microcuenca Ichupio se registraron los menores volúmenes escurridos, láminas de escurrimiento, escurrimientos máximos y medios, comparados con los presentados en la microcuenca Malacate.
4. La eficiencia para el control de los escurrimientos superficiales fue de 87.98% y se debe primordialmente por las obras y prácticas conservacionistas establecidas en la microcuenca Ichupio, y por tanto se concluye que la mayor cantidad de lluvia que precipita en la microcuenca se aprovecha como infiltración, humedad del suelo, recarga de acuífero, etc.



¡GRACIAS!



Microcuenca
Malacate

Microcuenca
Ichupio

Tzintzuntzan

Victoria

Laragoza

Benito Juárez

Merquite

Ichupio

Tarerio

M.C. Pedro Rivera Ruiz
pedro.rivera@colpos.mx
privera@tlaloc.imta.mx



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



GRACIAS!

M.C. Pedro Rivera Ruiz
pedro.rivera@colpos.mx
privera@tlaloc.imta.mx

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

