

## **El riego suplementario en el cultivo de hule en el trópico húmedo**

Supplemental irrigation for rubber cultivation in tropical humid climate

**Juan Manuel Ángeles H.<sup>1</sup>**, Helene Unland W.<sup>1</sup>, Armando De Los Santos G.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso. Jiutepec, Morelos. C.P. 62550. México. e-mail: [jangeles@tlaloc.imta.mx](mailto:jangeles@tlaloc.imta.mx). Autor para correspondencia.

**Recibido:** 25/09/2015

**Aceptado:** 13/12/2016

### **RESUMEN**

Los periodos de exceso de agua donde el drenaje es requerido para evacuar estos excedentes, y los periodos de baja precipitación donde el riego es demandado; constituyen las principales limitantes para la producción agrícola en las zonas tropicales. Un periodo de escasez de agua provoca la disminución de rendimientos de los cultivos, en cantidad y/o calidad y, en algunas condiciones, pone en riesgo toda una cosecha. La posibilidad de incrementar el potencial de los cultivos del trópico húmedo de México requiere, entre otras cosas, de la implementación de un sistema de riego durante la época de escasez de agua o aún, dentro del mismo periodo de lluvias; por su corto periodo de utilización estos sistemas de riego deberán ser de bajo costo y con una alta flexibilidad en el servicio de riego. De acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) de la SAGARPA, para el año 2013 se tenía una superficie sembrada a nivel nacional de 27,166 ha, y una superficie cosechada de 20,226 ha, con un volumen de producción de 51,397 ton de hule hevea, con un rendimiento medio de 2.541 t ha<sup>-1</sup>. En el estado de Veracruz una superficie sembrada de 13,327 ha y cosechada de 9,327 ha; con un rendimiento medio de 2.96 t ha<sup>-1</sup>. Dada la importancia que tiene este cultivo en esta entidad federativa, se seleccionó un predio de 10 ha de un productor cooperante en el municipio de Las Choapas, Veracruz, al que se realizaron los estudios básicos de caracterización del suelo con fines de riego, de calidad del agua, de topografía y de requerimiento de riego del cultivo de hule, y se elaboró el diseño agronómico e hidráulico y posteriormente la instalación de un sistema de riego presurizado. Se consideró un requerimiento de riego de 4.7 mm día<sup>-1</sup>, una separación entre árboles de 6x4 m, microaspersores de 55 l h<sup>-1</sup>, con un caudal de riego de 10 l s<sup>-1</sup>. Para la superficie de 10 ha, se consideraron 4,421 microaspersores, con 2.5 Kg cm<sup>-2</sup> de presión de trabajo.

**Palabras clave:** riego suplementario, hule (hevea), riego, microaspersión.

### **ABSTRACT**

Periods of excess water which make drainage necessary to evacuate these surpluses, contrasting with periods of low precipitation where irrigation is required, are the main constraints to agricultural production in tropical zones. A period of water shortage causes diminished crop yields, both in quantity

and quality, and under some conditions, this can put the entire harvest at risk. In order to increase the crop potential in Mexico's humid tropical zones, among other measures, irrigation systems must be utilized during the period of water shortage or even during the rainy season. Because of the relatively short period of utilization during the year, these irrigation systems should be low-cost and provide a high irrigation service flexibility. According to the SAGARPA Food Information Inquiry System (SIACON), in the year 2013, 27,166 ha were under cultivation, of which 20,226 ha reached harvest, resulting in a production volume of 51,397 tons of rubber hevea, and a mean yield of 2.541 t ha<sup>-1</sup>. In the State of Veracruz, the total cultivated area was 13,327 ha, of which 9,327 ha were harvested; with an average of 2.96 yield t ha<sup>-1</sup>. Given the importance of this crop for this state's economy, a cooperating farmer's 10-ha parcel was selected in the town of Las Choapas, Veracruz, where basic studies of soil characterization for irrigation purposes, water quality and topography studies were undertaken. The irrigation water requirement for rubber was also determined and the agronomic and hydraulic design was developed and later a pressurized irrigation system was installed based on this design. Considered a irrigation requirement of 5.35 mm day<sup>-1</sup>, a spacing between trees of 6 m x 4 m, micro-sprinklers with a capacity of 55 l h<sup>-1</sup> and flow rate of 10 l s<sup>-1</sup> were chosen. For the 10-ha area, 4,421 sprinklers, with 2.5 kg cm<sup>-2</sup> of working pressure were implemented.

**Keywords:** supplemental irrigation, rubber (hevea), irrigation, micro-sprinklers.

## INTRODUCCIÓN

El árbol del hule, *Hevea brasiliensis* es una planta originaria de las selvas tropicales de la región del Amazonas (Brasil, Venezuela, Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia), ha sido introducida a regiones tropicales de todo el mundo, principalmente a regiones tropicales de Asia, Indonesia, Malasia, India, Sri Lanka y Tailandia. En menor proporción en África y en Centroamérica México y Guatemala.

En México las primeras plantaciones fueron establecidas por empresas inglesas y holandesas en 1882, para 1910 se tenían sembrados 2,500 ha con materiales provenientes de Indonesia y de Brasil, estas plantaciones fueron abandonadas por la revolución, posteriormente en 1941 la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), realizó estudios para localizar las áreas con mayor potencial para la producción del hule y para promover su plantación, se introdujeron clones de la planta del hule de Asia.

En 1942 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), dependiente de la SAG,

establece el Campo Experimental "El Palmar", donde se incluye una línea de investigación sobre el hule. De 1950 a 1995, diferentes organismos y dependencias oficiales, realizan actividades para promover el cultivo del hule, pero el proceso continuó muy lentamente, ya que para 1998 se cultivaban en México solamente 13,000 ha, lo que permitía cubrir en ese año, apenas el 10% de la demanda nacional. De acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) de la SAGARPA, para el año agrícola 2013 se tenía una superficie sembrada a nivel nacional de 27,166 ha, y una superficie cosechada de 20,226 ha, con un volumen de producción de 51,397 ton de hule hevea, con un rendimiento medio de 2.541 t ha<sup>-1</sup>. En el estado de Veracruz una superficie sembrada de 13,327 ha (49%) y cosechada de 9,327 ha (46.1%); con un rendimiento medio de 2.96 t ha<sup>-1</sup>, pero esta superficie sembrada a nivel nacional apenas representa el 7.8% de la superficie potencial para este cultivo en México, que es de 349,241 ha, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas.

El hule es un producto especialmente útil por varias razones: retiene el aire, es repelente al agua, no conduce electricidad, tiene larga duración y es elástico. La industria de hule produce entre 40 y 50 mil artículos de hule natural, entre los que sobresalen las llantas, cámaras, bandas transportadoras, mangueras, empaques, soportes, globos, guantes, entre muchos otros. El 70% de la producción mundial de hule, es destinado a la producción de llantas.

El Hule Hevea se cultiva en las tierras bajas tropicales de 0 a 1,100 msnm. Una precipitación pluvial de 2,000 a 3,000 mm anuales, uniformemente distribuida, es considerada como ideal. La cantidad anual de días lluviosos debe ser de 100 a 150, puesto que es difícil operar la plantación por encima de este rango, a menos que se aumente la intensidad del sangrado para compensar la pérdida de la producción. La temperatura media anual óptima está en el rango de 25 a 30° C y a medida que ésta disminuye por efecto de mayor altitud sobre el nivel del mar, el desarrollo es más lento. Se requiere que la velocidad de los vientos no sea mayor de 90 km/h, suelos francos de más de 1 m de profundidad, con pH de 4 a 5.9 y una pendiente mayor de 12%, y suelos preferencialmente Luvisoles y Acrisoles.

La producción de hule inicia a los 6 o 7 años, cuando el perímetro del tronco alcanza 50 cm. y continúa durante 30 a 40 años. La temporada de producción anual se extiende de agosto a abril, aunque la temporada de máxima producción de hule es de agosto a mediados enero (5.5 meses), de mediados enero a mediados de abril (3 meses), la producción va descendiendo debido a la disminución de las lluvias hasta llegar a un 50%, y de mediados de abril a julio (3.5 meses), que es la época de secas, no hay producción de hule.

La posibilidad de incrementar el potencial de los cultivos del trópico húmedo de México requiere, entre otras cosas, de la implementación de un sistema de riego suplementario durante la época

de escasez de agua o aún, dentro del mismo periodo de lluvias; por su corto periodo de utilización estos sistemas de riego deberán ser de bajo costo y con una alta flexibilidad en el servicio de riego. Con este sistema de riego suplementario, se espera disminuir el tiempo de desarrollo del árbol desde la plantación hasta el inicio de la producción, adelantando el inicio de la cosecha de uno a dos años, además se espera incrementar los rendimientos durante los meses de enero a abril y poder cosechar en los meses de secas de mayo, junio y julio; con lo que se estaría cosechando todo el año. La práctica del riego en el cultivo de hule coadyuvaría a obtener un sustancial incremento en la producción, con lo cual aumenta la oportunidad para el cultivo del hule.

Dada la importancia que tiene el cultivo del hule en el estado de Veracruz, se seleccionó un predio de 10 ha de un productor cooperante en el municipio de Las Choapas, Veracruz, al que se realizaron los estudios básicos de caracterización del suelo con fines de riego, de calidad del agua, de topografía y de requerimiento de riego del cultivo de hule, y se elaboró el diseño agronómico e hidráulico, y la instalación de un sistema de riego presurizado.

## OBJETIVOS

- Obtener información sobre la factibilidad del riego suplementario en el cultivo del hule.
- Generar y sustentar la metodología de diseño y trazo del riego suplementario aplicable al cultivo del hule.

## MATERIALES Y MÉTODOS

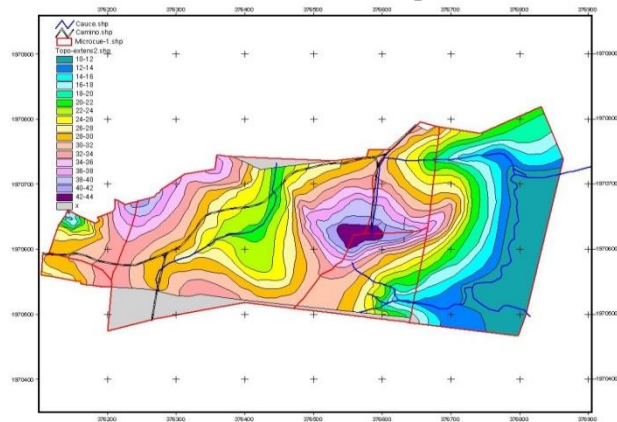
Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre el cultivo del hule, así como de la zona del proyecto, para conocer sus características y condiciones sociales, políticas y de los recursos naturales. Se realizaron levantamientos básicos de topografía, suelos y agua y se recopiló la información del clima, con toda esta información, se determinó el requerimiento de

riego del cultivo de hule, y se realizó el diseño agronómico e hidráulico de un sistema de riego presurizado.

**Localización:** El predio “El Hulefante” está situado en el Municipio de Las Choapas, Estado de Veracruz. Se localiza a 30 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas geográficas: 94° 09’53.2” longitud oeste, y 17° 49’10.2” latitud norte.

**Levantamiento topográfico:** Se realizó el levantamiento topográfico del predio y del

**Lámina 1.** Plano topográfico del predio “El Hulefante” con curvas de nivel, expresado en msnm.



**Estudio Agroclimatológico:** la presencia de lluvias de 1,800 a 2,500 mm anuales es suficientes para el cultivo. Las precipitaciones anuales superiores a 3,000 mm presentan problemas para la recolección, si la pica se realiza sobre una corteza muy húmeda, el látex se coagula en algunos puntos del canal,

El cálculo del requerimiento hídrico del cultivo del hule inicia con la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), en este caso se utilizó el método de Penman-Monteith, para lo cual se requieren los promedios mensuales de las siguientes variables climatológicas, García (1987): Temperatura mínima y máxima, humedad relativa, horas luz (insolación) y velocidad del viento. De la

Los valores del coeficiente de cultivo (hule) K<sub>c</sub>, para determinar la evapotranspiración real (E<sub>tr</sub>), éstos se tomaron de los datos publicados por la FAO (1998), presentan que el

sitio para la obra de toma, localizada en un arroyo que cruza por el límite oriente del predio. En todo el perímetro del área levantada, la separación de los puntos fue de 6 m, en el sentido oriente-poniente y de 4 m en el sentido norte-sur, que es la separación entre hileras y de árboles, en esos sentidos. El plano (lámina 1) digital de toda la superficie levantada se realizó con curvas de nivel a cada metro.

**Estudios de suelo y agua:** Se realizó un muestreo de suelos con barrena hasta una profundidad de 1.5 m, la textura del suelo es franco arenoso hasta 1 m de profundidad y franco arcillo arenosa el resto del perfil, el pH del suelo es ácido y varía de 4.9 a 4.7, la Conductividad eléctrica (C.E.) varía de 0.14 a 0.35 dSm<sup>-1</sup>, son suelos de más de 1.5 m de profundidad, estos suelos de acuerdo a FAO-UNESCO, están clasificados como Acrisol. Se muestreó y analizó el agua de la fuente de abastecimiento original, el pH de 5.5 y la C.E. 0.05 mS cm<sup>-1</sup>.

provocando derrames, y pérdida de producción. La humedad relativa es muy importante, ya que cuando ésta es muy alta, próxima al 100% en temporada seca, incrementa la producción, en cambio si esto se presenta durante la renovación foliar, favorecen a la aparición de ciertas enfermedades de las hojas (Compagnon, 1998). estación meteorológica Tancochapa, operada por el Servicio Meteorológico Nacional, localizada en el municipio de Minatitlán, Ver., se obtuvieron los valores promedio mensual de: precipitación total y temperatura mínima y máxima. Las demás variables climáticas se obtuvieron de la base de datos del IWMI Atlas de Clima y Agua (2005).

K<sub>c</sub> para árboles de hule inmaduros es de 1.10 y para hule maduro 1.0 durante todo el año.

$E_{tr} = K_c \times E_{to}$       Dónde: E<sub>tr</sub> es la evapotranspiración real del cultivo, K<sub>c</sub> es el

coeficiente del cultivo,  $E_{To}$  es la evapotranspiración de referencia.

La precipitación total anual en el predio Hulefante, es de 2,370 mm, valor típico de la

zona cálida húmeda. Las lluvias más fuertes se concentran en la época más lluviosa de junio a noviembre con un total de 1,572 mm, representando el 66% del total anual.

Para el cálculo de la precipitación efectiva ( $P_e$ ), para un intervalo de riego, se aplicó el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América (USSCS), usando el promedio de los datos de precipitación total de la estación meteorológica

Tancochapa, del SNM, para los años 1942 a 2002, registrados en la base de datos ERIC III (2006). En el cuadro 1 se presentan los valores mensuales de temperatura, humedad relativa e insolación.

**Cuadro 1.** Datos de temperatura media, humedad relativa e insolación, de la estación meteorológica de Tancochapa, Minatitlán, Veracruz.

Mes	Temperatura Media (°C)	Humedad relativa (%)	Insolación (%)
Enero	22.7	72	47.0
Febrero	23.3	71	54.0
Marzo	25.6	71	49.0
Abril	27.7	69	43.0
Mayo	28.8	69	43.0
Junio	28.4	74	41.0
Julio	27.7	73	43.0
Agosto	27.8	73	49.0
Septiembre	27.4	74	39.0
Octubre	26.0	71	47.0
Noviembre	24.5	71	50.0
Diciembre	22.9	71	45.0
Promedio	26.0	71.6	45.8

En el cuadro 2 se presentan los valores de precipitación total, evapotranspiración de

referencia y el coeficiente de cultivo del hule hevea ( $K_c$ ).

**Cuadro 2.** Precipitación total, evapotranspiración de referencia y coeficiente de cultivo del hule.

Mes	Precipitación total (mm)	Evapotranspiración de Referencia (mm/mes)	Coeficiente del cultivo ( $K_c$ )
Enero	128.3	121.84	1.10
Febrero	74.8	129.76	1.10
Marzo	38.7	161.58	1.10
Abril	46.5	166.97	1.10
Mayo	92.6	178.11	1.10
Junio	244.1	154.05	1.10
Julio	267.8	154.67	1.10
Agosto	267.1	157.66	1.10
Septiembre	398.7	137.08	1.10
Octubre	394.7	149.12	1.10
Noviembre	241.2	133.34	1.10

Diciembre	175.5	122.72	1.10
Total	2,370	1,767	

Finalmente, para calcular el requerimiento de riego (RR) para el cultivo del hule para un periodo determinado, se toma la evapotranspiración real (ETr) y se le resta la precipitación efectiva (Pe), ambas calculadas para el mismo periodo determinado.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evapotranspiración de referencia total anual es de 1,767 mm, el valor más alto se presenta en mayo con 178.1 mm/mes, y la evapotranspiración más baja en el mes de enero con 121.8 mm/mes. Cabe mencionar que los valores moderados de la ETo se deben a la alta nubosidad y una combinación de vientos

Comparando los datos meteorológicos locales del predio, a las categorías de condiciones bioclimáticas apropiadas para el hule, el sitio del proyecto está localizado 2 grados de latitud más al norte que la franja óptima de latitudes para el cultivo. En una zona óptima con respecto a la precipitación media anual 2,370 mm, (Cuadro 2), y en el caso del predio “El Hulefante”, la estación seca consta de 4 meses con precipitación menor de 100 mm incluyendo solamente dos meses (marzo y abril) muy secos. La altitud del predio también se encuentra en el rango aceptable (30 msnm.).

La evapotranspiración real del cultivo de hule, presentada en forma mensual, y obtenida a partir de la evapotranspiración de referencia y

$$RR = ETr - Pe$$

Donde:

RR es el requerimiento de riego del cultivo (mm), ETr: es la evapotranspiración real del cultivo (mm), Pe: es la precipitación efectiva (mm)

moderados y una humedad relativa alta presente durante todo el año, especialmente entre los meses de junio a septiembre. El efecto combinado produce el valor más alto de la ETo en el mes de mayo, cuando coincide con la insolación más fuerte del año. De abril a mayo, temperaturas más elevadas también contribuyan significativamente a las tasas más altas de la evapotranspiración de referencia.

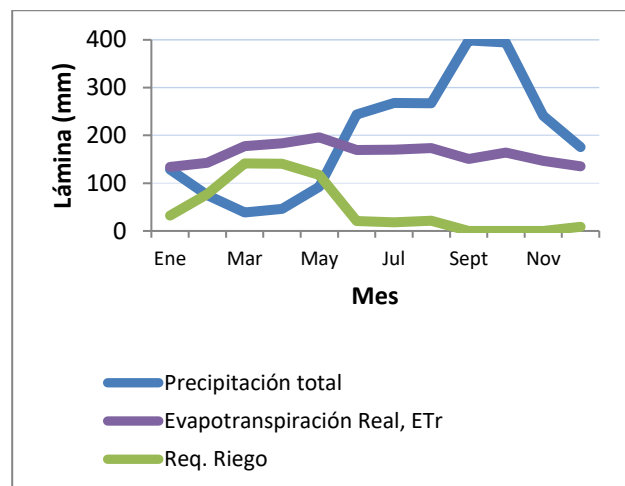
del coeficiente del cultivo fue de 1,943.6 mm a lo largo del año, sin embargo, la precipitación efectiva calculada fue de 1,382.0 mm; resultando un requerimiento de riego (RR) anual para el cultivo de hule de 577.6 mm, considerando la condición más desfavorable cuando el cultivo se encuentra en estado inmaduro, es decir, cuando se encuentra en desarrollo, el máximo requerimiento de riego para este cultivo en la zona se presentan en el mes de abril con 4.7 mm/día. Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, no se requiere riego suplementario, ya que la precipitación efectiva excede a la demanda hídrica del cultivo (Cuadro 3). La demanda de riego es mayor de febrero a mayo, cuando la precipitación efectiva es mínima (lámina 2).

**Cuadro 3.** Evapotranspiración real, precipitación efectiva y requerimiento de riego para el cultivo de hule, para el predio “El Hulefante” del municipio de las Choapas, Veracruz.

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)	Precipitación efectiva (mm/mes)	Requerimiento de riego (mm/mes)
Enero	134.02	102	32.0
Febrero	142.74	65.8	76.9
Marzo	177.74	36.3	141.4
Abril	183.67	43	140.7
Mayo	195.92	78.9	117.0

Junio	169.45	148.8	20.7
Julio	170.14	151.8	18.3
Agosto	173.42	151.7	21.7
Septiembre	150.78	164.9	0.0
Octubre	164.03	164.5	0.0
Noviembre	146.68	148.1	0.0
Diciembre	134.99	126.2	8.8
Total	1943.6	1382.0	577.6

**Lámina 2.** Precipitación total, evapotranspiración real y requerimiento de riego para hule en el predio “El Hulefante”, municipio Las Choapas, Veracruz.



El emisor seleccionado tiene un gasto de 55 litros por hora, autorregulado para aplicar el mismo gasto, aun cuando las condiciones topográficas del terreno tengan variaciones significativas, desde 1.5 a 4.0 bars de presión hidráulica. Se consideró instalar un microaspersor por árbol cuidando que no moje la corteza, el diámetro de mojado es de 4.5 m., se utilizará un limitador de diámetro para las plantas jóvenes. La intensidad de aplicación del emisor de riego seleccionado es de 2.9 mm/hora, menor que la infiltración básica, la cual es de 10 mm/hora.

La superficie de 10 ha del predio, se dividió en 20 secciones de riego independientes, las cuales se agruparon de manera que el tamaño y forma de cada sección de riego fuera lo más regularmente posible. El gasto de diseño para la operación del sistema de riego es de  $10 \text{ l s}^{-1}$ , con un intervalo de riego de dos días, esto es que 10 de las secciones se regarán un día y las otras 10

**Diseño del sistema de riego:** El predio de riego suplementario para el cultivo del hule, del productor cooperante es de una superficie de 10 ha. El productor, puso a disposición 8 ha de plata en desarrollo de uno y dos años después del trasplante y 2 ha de árboles en producción, con aproximadamente 10 años de plantados. De acuerdo a las características topográficas del predio, de la edad de la plantación y del manejo del cultivo del hule en general, se consideró como mejor opción el diseñar un sistema de riego presurizado del tipo por microaspersión, el cual aplica el agua en forma localizada, lo que permite, en función del crecimiento y desarrollo del árbol, ir moviendo el emisor de riego de tal manera que no moje el tablero de árbol donde se extrae el hule.

el día siguiente. El tiempo de riego máximo será de 17 horas al día con lo cual permitirá cubrir el requerimiento de riego del cultivo durante el mes más crítico, abril.

El equipo de bombeo seleccionado fue una bomba eléctrica centrífuga, conectado a un generador de energía eléctrica, esto a solicitud del productor, ya que en el predio no hay red de energía eléctrica, el equipo proporciona el gasto y la carga de diseño que son:  $10 \text{ l s}^{-1}$  y 25 m de carga hidráulica, respectivamente.

Se elaboró un programa de operación del sistema de riego, por grupos de secciones o de unidades de control autónomo (UCAs) que regarán al mismo tiempo, estos grupos se formaron considerando dos criterios: primero que todos los grupos requirieran un gasto similar y segundo buscó que las UCAs del mismo grupo no fueran colindantes y estuvieran alejadas entre sí, para que el costo de la red de conducción

fuera lo más económica posible. En el Cuadro 4 se presenta la operación del sistema de riego.

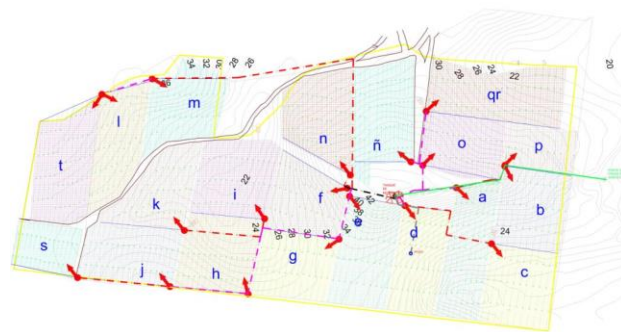
**Cuadro 4.** Operación del sistema de riego por microaspersión, con las secciones de riego por turno de riego, para el predio “El Hulefante”.

Secciones Regadas	Turno de riego	Presión Requerida (m)	Superficie Total (ha)	Tiempo riego (horas)
c, d, g	1	15.00	1.45	4.84
b, r ,j	2	15.00	1.53	4.84
h, l	3	17.2	1.08	4.04
s,m, ñ	4	15.00	1.1	4.04
n, qr	5	16.09	1.15	4.04
a, e	6	15.00	1.12	4.04
i, o,t	7	17.32	1.09	4.04
f, k, p	8	16.46	1.51	4.84

La operación del riego considera los turnos 1, 2, 3 y 4 durante un día, y al siguiente día los turnos 5, 6, 7 y 8. Durante cada turno de riego se considera la superficie total (ha) y su respectivo tiempo de riego en horas. Como se puede observar el tiempo de operación diaria para los primeros cuatro turnos (día 1) es de 17 horas con 46 minutos, los turnos siguientes (día 2) es de 17 horas prácticamente.

En la lámina 3 se presenta el plano de operación del sistema de riego, donde se indica por colores las secciones (áreas) de riego que operarán durante un mismo turno de riego; es decir, que áreas se estarán regando de manera simultánea.

**Lámina 3.** Plano de operación del sistema de riego del predio “El Hulefante” municipio de Las Choapas, Veracruz.



### CONCLUSIONES

1. Se determinó el requerimiento de riego máximo de 4.7 mm/día para el cultivo de hule hevea; y un requerimiento de riego anual de 577.6 mm, para el predio “El Hulefante” del municipio de las Choapas, Veracruz.
2. En la metodología de diseño del sistema de riego presurizado se seleccionó un microaspersor con rotor para limitar y ampliar el diámetro de mojado conforme se desarrolle el cultivo. Este mismo rotor permite controlar y

reducir el riesgo de mojado de la corteza inferior del árbol.

3. Con este sistema de riego, le permite al productor aplicar el agua de riego al cultivo de hule en el momento que lo requiera, lo que garantiza un desarrollo adecuado de la plantación pequeña aún en el período de estiaje.
4. Al aplicar el riego suplementario, se incrementará el rendimiento y se mantendrá una producción constante durante todo el año. Con el control de los riegos y de la cantidad de agua aplicada, permitirá tener una mejor calidad de la cosecha.



5. A pesar de la topografía irregular del predio, con el sistema de riego por microaspersión se obtendrá una muy buena distribución del

volumen de agua aplicado, logrando un desarrollo uniforme de toda la plantación.

#### LITERATURA CITADA

- CNA-IMTA 1997. Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Comisión Nacional
- Compagnon, P. 1998. El Caucho Natural, Biología-Cultivo-Producción. Consejo Mexicano del Hule – CIRAD. México, D. F. 70 p.
- García, E., 1987: Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta Edición. *Talleres de Offset Larios, S.A.* México.
- IMTA, 2004: Calendarización del Riego: Teoría y Práctica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Köppen, W., 1948: Climatología. Fondo de Cultura Económica, México.
- ERIC III, 2006: CD-ROM de datos climatológicos de la República Mexicana, Instituto Mexicano de
- SAGARPA, 2012. Transferencia de Tecnología de Riego Suplementario. Documento interno. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- del Agua Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- FAO, 1998: Crop evapotranspiration– Guidelines for computing crop water requirements–FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO*, Roma, Italia.
- Tecnología del Agua y Comisión Nacional del Agua, México.
- IWMI, 2005: IWMI Water & Climate Atlas; IWMI On-Line Climate Summary Service [www.iwmi.cgiar.org/WAtlas/AtlasQuery.htm](http://www.iwmi.cgiar.org/WAtlas/AtlasQuery.htm). International Water Management Institute Colombo, Sri Lanka.
- SIACON, 2015. Base de datos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.