

Disminución del uso de agua mediante la implementación del beneficio sustentable en Jilotepec, Veracruz

Jazmín Hernández-Campeche ¹, Laura C. Ruelas-Monjardin ^{2*} y Yadeneyro de la Cruz-Elizondo ¹

¹ Maestría en Gestión Ambiental para la Sustentabilidad, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México

² Subdirección de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Campus Xalapa, Xalapa, Veracruz

* Autor de correspondencia: laura.rm@xalapa.tecnm.mx

Desarrollo Sustentable (Desarrollo de procesos sustentables). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 7 de mayo de 2023

Aceptado: 15 de junio de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Resumen: El beneficiado húmedo tradicional del café ha tenido impactos negativos en las fuentes hídricas. Ya que utiliza grandes volúmenes de agua y las aguas residuales del beneficiado presentan altas cargas de contaminantes, que no sólo contaminan las fuentes de agua, sino que limitan la disponibilidad. Un experimento en una Finca cafetalera del municipio de Jilotepec, Veracruz, donde la disponibilidad de agua se ha reducido y compete con el uso doméstico, se utilizó como estudio de caso. Este caso se desarrolló con el uso de un experimento, basado en el método volumétrico para estimar la cantidad de agua utilizada, así como el método de tanque tina. Se tomaron en cuenta, en esta medición, el tamaño de la carga a beneficiar, el grado de madurez del grano y la fecha de corte. Se encontró que el volumen utilizado se reduce con a medida que el grano está maduro, menor tiempo de corte y con el tamaño de la carga. Esto aunado a que el tanque tina, al tener redondeadas las esquinas, mejora el choque del grano y contribuye a disminuir el volumen de agua. El tanque tina resultó ser un método sencillo, que puede reducir las cantidades de agua en el beneficiado.

Palabras clave: aguas residuales; beneficiado húmedo; cuenca del río Actopan

Decrease in water use through the implementation of sustainable benefits in Jilotepec, Veracruz.

Abstract: The traditional wet processing of coffee has had a negative impact on water sources. It uses large volume of water, and the wastewater of the beneficiary presents high loads of pollutants, which not only contaminate water sources, but limit water availability. An experiment on a coffee farm in the municipality of Jilotepec, Veracruz, whereas water availability has been reduced and competes with domestic use, was used as a case study. This case was developed with the use of an experiment, based on the volumetric method to estimate the amount of water used, as well as the tank method. In this measurement, the size of the load to be benefited, the degree of maturity of the grain and the cut-off date were taken into account. It was found out that the volume used get reduced to the extent the grain is mature, shorter cutting time and with the size of the load of grain to be benefited. These coupled with the fact that the tank, having rounded corners, improves the shock of the grain and contributes to reduce the water volume. The tub tank turned out to be a simple method, which can reduce the amounts of water in the beneficiary.

Keywords: waste water; wet processing method; Actopan river basin

Introducción

Después del petróleo, el café es el producto que más se comercializa a nivel mundial (Valencia, 2017). La demanda principal de este grano está concentrada en Europa, Estados Unidos y Japón (Bedoya y Raquel, 2014). La importancia del café a nivel mundial se debe a que mueve 90,000 millones de dólares anualmente. Esta actividad comprende a 25 millones de agricultores y emplea indirectamente a 100 millones de personas, sirve como fuente de divisas a Brasil, Vietnam, Etiopía y Colombia. Este grano es producido por el 31% de los países de mundo, México es uno de ellos, y lo consumen el 69% de los países restantes (Abraham, 2018).

De acuerdo con el SIAP (2021), el principal cultivo sembrado en 2020 en México fue el maíz (7,157,586.88 ha). Mientras que el café ocupó la sexta posición (710,360.6 ha). En México el café es un cultivo estratégico, ya que su producción emplea a más de 500,000 productores de 14 entidades federativas y 480 municipios (SAGARPA, 2018). En el estado de Veracruz, es producido en 842 comunidades de 82 municipios de la zona montañosa, donde convergen la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, en alturas que van desde los 600 m hasta los 1400 msnm (ASERCA, 2018). Este cultivo

es sin duda una de las escasas actividades agrícolas que aportan de forma integral beneficios económicos, sociales y ambientales. La cafecultura es una actividad productiva que no entra en conflicto con la conservación de los ecosistemas de montaña que proveen una amplia variedad de servicios ambientales (Ruelas et al., 2014) sobre todo si se hace bajo sombra. Sin embargo, la coexistencia armónica de este tipo de cultivo con el entorno ambiental, se rompe a partir del proceso de transformación al que se somete el fruto para su uso final (Madero, 2008). La transformación del café cereza a café pergamino se denomina beneficiado del café (Puerta, 2000a). En México, tradicionalmente se beneficia el café de manera húmeda. El proceso por vía húmeda comprende las siguientes etapas: recolección del café en cereza, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado hasta obtener café pergamino seco (Puerta, 2000b). En el beneficiado del café se utilizan más de 40 litros de agua para producir 1 kg de café pergamino seco. Además, el agua residual que se genera se vierte sobre las fuentes de agua, afectando su disponibilidad para el uso posterior del recurso y acabando con la vida acuática presente en los cuerpos hídricos (Rodríguez Valencia et al., 2013; Ruelas, 2018). El uso y disposición del agua residual del café ha sido un tema poco abordado (Ruelas-Monjardín et al., 2020). Aun cuando la peligrosidad ecológica de sus vertidos ha potenciado la búsqueda de alternativas para su tratamiento y disposición final (Ruelas, 2018).

Esto conlleva a la necesidad de buscar procesos que disminuyan la contaminación del agua generada por las descargas de los beneficios húmedos (Ruelas-Monjardín et al., 2020), así como hacer un uso eficiente de este recurso, toda vez que en latitudes medias y zonas tropicales donde se ubica el territorio mexicano se presentarán importantes disminuciones en la precipitación y el escurrimiento, lo que traería como consecuencia condiciones de escasez y mayor presión sobre los recursos hídricos de estas regiones (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). Más aún, el Informe de Medio Ambiente (2018) señala que en el periodo de 1950 a 2017 se redujo alrededor del 79% la disponibilidad del agua, al pasar de 17 742 a 3 656 metros cúbicos por habitante. Esta disponibilidad seguirá reduciéndose, pues se estima que para el 2030 podría ser 10.1% menor respecto al año 2017, alcanzando los 3 285 m³ por habitante. Debido a esta problemática, se deben explorar estrategias sustentables, tal y como el beneficio ecológico. De acuerdo con CENICAFÉ (2000), el beneficio ecológico consta de varios elementos o componentes, todos estos elementos deben estar conectados e instalados específicamente y estrictamente para no perder el concepto ecológico. Este beneficio ecológico puede traer múltiples ventajas, en las que como dice Zuluaga (2001) pueden estar: ahorro del más del 50% de agua usada en el proceso, generación de volúmenes más bajos de aguas contaminadas y disminución de la cantidad de materia orgánica.

Particularmente en este municipio, derivado de la construcción del libramiento Xalapa-Perote en el año 2008 se han reportado conflictos sociales por escasez de agua en temporadas de calor (febrero-abril) que se sobrelapan con la temporada de cosecha, en la que se requiere del líquido para los procesos de beneficiado (De la Cruz et al., 2021).

Por estas razones, este artículo tiene como objetivo analizar el uso y disposición de agua residual en una finca cafetalera, con el fin de proponer mejoras que tiendan a un uso eficiente del agua y el tratamiento del agua residual. Se utilizó como caso una finca cafetalera del municipio de Jilotepec, Veracruz. Se utilizó el método experimental, basado en el cálculo del volumen del agua. Las investigaciones y propuestas para un uso eficiente del agua en la cafecultura de Jilotepec, Veracruz, están sustentados en los problemas medioambientales que se desencadenaron en este municipio a partir de la construcción mal administrada de la obra del libramiento Xalapa-Perote, a saber, de la constructora española Isolux Corsá, conocida por escándalos de corrupción e incluso inhabilitada en 2006 por proporcionar información falsa (Cruz, 2015).

Materiales y Métodos

Se utilizó la estrategia metodológica de estudio de caso, porque permite analizar el problema de investigación dentro del contexto en el que éste se presenta. Se tomó como caso La Finca Quiroz, S.A. de C.V. en el municipio de Jilotepec, Veracruz. Debido al papel de facilitador y promotor de una cafecultura sustentable en este municipio. El municipio se encuentra en la zona central y montañosa del estado de Veracruz, prácticamente sobre la depresión que forma la barranca de Actopan, que se origina en la vertiente Oriental del Cofre de Perote y termina cerca de la costa, siendo su topografía bastante accidentada (SECTUR, 2021).

Pertenece a la región hidrológica de Papaloapan, se encuentra alojado en la cuenca del río Actopan. Colinda al sur con la de la Antigua; al norte con las cuencas del río Misantla, río Colipa y llanuras de Actopan (figura 1) (Meza, 2023). Cuenta con corrientes de agua intermitentes y no dispone de cuerpo de agua como lagos o lagunas (INEGI, 2009).

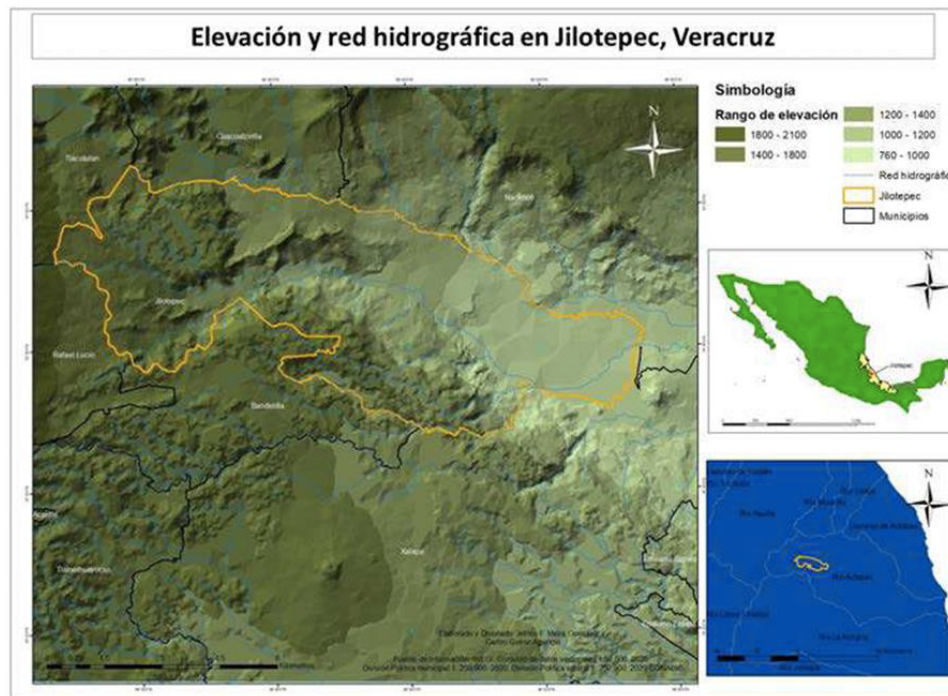


Figura 1. Ubicación del municipio de Jilotepec en el contexto nacional y estatal. (Meza González, 2023, con datos de INEGI y CONABIO)

Para medir el agua usada en el beneficio húmedo, el cual se determinó mediante la medición del caudal desde los tanques de agua hacia el área de despulpado y tanques de fermentación. Se utilizó el método volumétrico, en conjunto con el tiempo que demoran los procesos de lavado y despulpado siguiendo las ecuaciones 1 y 2:

$$Q = \frac{V}{\Delta T} \quad (1)$$

Donde:

Q= Caudal del agua utilizado en el proceso de beneficiado húmedo.

V=Volumen de agua

Δt =Variación de tiempos (t1, t2, t3...) tomados en la variación del volumen estándar

$$V = (Q)(T_D + T_L) \quad (2)$$

Donde:

V= Volumen de agua utilizado durante el proceso de beneficiado húmedo del café.

Q= Caudal del agua utilizado en el proceso de beneficiado húmedo.

T_D= Tiempo corrido del proceso del beneficiado durante la operación del despulpado.

T_L= Tiempo corrido del proceso del beneficiado durante la operación del despulpado.

Para el aprovechamiento del agua residual procedente del beneficiado húmedo, se realizó la instalación de un biofiltro, el cual se adaptó a las condiciones de la finca por su pequeña profundidad. Se tomaron como referencia las medidas del humedal artificial que se construyó en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, las cuales son 0.70m de alto, 0.50m de ancho y 1m de largo. Para seleccionar las especies de plantas que se ocuparían, se hizo una revisión bibliográfica y con base en ésta, se seleccionó al papiro (*Cyperus papyrus*), debido a que es una especie que es utilizada

típicamente en biofiltros y humedales, además de poseer una alta capacidad de depuración de contaminantes (Sarango, 2016). Los medios filtrantes fueron materiales típicamente usados en biofiltros y que han mostrado tener buenos resultados, tales como arena, grava y piedra.

Para calcular las áreas de los medios filtrantes se utilizó la fórmula 3.

$$\text{Area del medio filtrante} = \frac{Q}{(K_f) (I)} \quad (3)$$

Donde:

Q = caudal

K_f =Conductividad hidráulica

I = pendiente Hidráulica

Para el cálculo del área de los medios filtrantes se utilizaron la fórmula 4 para la arena, la fórmula 5 para grava y la fórmula 6 para piedra.

$$\text{Arena} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{(22.9 \text{ m hora})(5 \times 10^{-3})} = 0.017 \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$\text{Grava} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{(229.16 \text{ m}^3 \text{ hora})(5 \times 10^{-3})} = 0.0017 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$\text{Piedra} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{(1500 \text{ m}^3 \text{ hora})(5 \times 10^{-3})} = 0.0002 \text{ m}^3 \quad (6)$$

También se calculó el volumen total del biofiltro con la fórmula 7

$$V = L \times B \times H \quad V = (1 \text{ m}) (0.50 \text{ m}) (1.20 \text{ m}) = 0.6 \text{ m}^3 = 660 \text{ L} \quad (7)$$

Resultados y Discusión

Con la intención de responder a la necesidad de demostrar la pertinencia de un aditamento/proceso de ahorro o disminución del consumo de agua se construyó un tanque tina a partir del tanque ya existente en las instalaciones del beneficio. Se le hicieron algunas adecuaciones como redondearle las esquinas para facilitar el lavado del café por “chocadas”, lo cual conduce al uso de muy poca agua. De acuerdo con Lema et al. (2005) el lavado en el tanque tina consume menos de 5 L/agua/kg de café pergamino seco. En la tabla 1 se presentan las cantidades de agua usadas en el beneficio húmedo del café cereza que se obtuvo en la temporada de cosecha. Estas cantidades se encuentran ordenadas de mayor a menor cantidad de café cereza registrada durante el tiempo de cosecha. Así mismo, se registró el tiempo transcurrido entre el corte y el beneficiado, así como el grado de madurez del mismo, ya que de acuerdo con CENICAFE (2015) las variables de a mayor tiempo de corte el grano, y grado de madurez sea menor, influirán a la hora del lavado, y por consecuencia en la cantidad de agua usada, requiriendo de esta forma menos agua. Por ese motivo, se puede observar que cuando la madurez es múltiple los kilogramos despulpados son menores comparados con la madurez óptima, teniendo así un mayor requerimiento de agua. Aunque puede resultar obvio que a mayor cantidad de café cereza que se despulpa y lava, se usa una mayor cantidad de agua como es el caso del lote más grande que se tiene registrado que es de 2 780 kg usando un total de 4 562 L, en promedio utiliza menor volumen, ya que usó 1.64 L/kg de café cereza. En contraste, con el lote más pequeño de 151 kg se necesitaron 323 L, es decir, que en promedio requirió 2.13 L/ kg de café cereza.

En resumen, se observa que la mayoría de los lotes van de 200 kg a 600 kg de café cereza están maduros y al ser granos cortados el mismo día que se beneficia, se despulpan el mismo día. En promedio, el consumo de agua para despulpar y lavar es de 1100 L, teniendo en cuenta que el grado de madurez sea maduro y que el lote necesite dos lavados, en

esta temporada la cantidad máxima de litros de agua usados registrada fue de 4562.5 L. El lote más pequeño fue de 151 kg y requirió 323.44 L. Tomando como base esta referencia, los datos indican que se necesita en promedio 2.5 L/agua/para lavar un kilogramo de café cereza con las características de tiempo de corte del mismo día, y grado de maduro.

Tabla 1. Cantidad de agua usada en el beneficio dentro de la Finca Quiroz, S.A. de C.V.

CANTIDAD DE AGUA USADA EN EL BENEFICIO							
CANTIDAD DE CAFÉ CEREZA	TOTAL DE LITROS USADOS	TIEMPO DE CORTE	GRADO DE MADUREZ	TIEMPO DE DESPULPADO (min)	TIEMPO DE LAVADO 1 (min)	TIEMPO DE LAVADO 2 (min)	CANTIDAD DE LAVADOS
2780	4562.5	Del día	Maduro	210			2
1600	4120.89	Del día	Maduro	120			2
593	4910.8	1 día	Combinación	48	4	3.8	3
580	1868	1 día	Maduro	44	3.9	3.3	2
544	1586.58	1 día	Maduro	41	3.7	3.4	2
540	1555.31	1 día	Maduro	40	3.6	3.8	2
539	1066.92	1 día	Maduro	40	4		1
538	1539.67	Del día	Maduro	38	3.2	3.5	2
512	719	1 día	Maduro	40	2.58		1
512	1336.43	1 día	Medio	54	3	2.4	2
495	1203.54	Del día	Maduro	40	2.1	3.6	2
398	846.72	Del día	Maduro	33	2.8	1.5	2
369	902.89	1 día	Medio	29	2.7	1.5	2
346	743.8	Del día	Maduro	28.5	2.5	1.8	2
337	681.55	Del día	Maduro	28	1.45	1.9	2
315	579.17	Del día	Maduro	26	1.2	1.6	2
309	337.35	1 día	Maduro	25.5	2.2		1
279	587.6	Del día	Maduro	22	1.4	1.7	2
256	628	2 días	Maduro	20	1.8		1
253	1103.89	1 día	Maduro	22	2.4	2.8	2
237	597.45	Del día	Maduro	21	1.3	1.2	2
227	543.7	Del día	Maduro	20	1	1.1	2
226	668	Del día	Maduro	19	1.2	1	2
166	465	Del día	Medio	15	0.56	1	2
151	323.44	Del día	Medio	12	0.4	0.5	2

Si por el contrario el lote de café no está maduro y con una fermentación no óptima, por ejemplo, el lote de 593 kg, se observa que, al tener más de un día de fermentación y un grado de madurez intermedio, fue necesario hacer hasta un tercer lavado para poder retirar el mucílago del grano, empleando en promedio 8.2 L/kg de café cereza. Para una mejor visualización de los datos de la tabla anterior, se presenta la Figura 2.

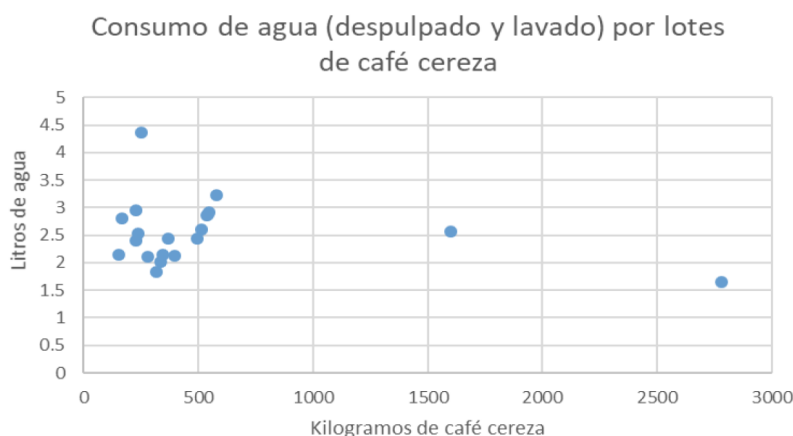


Figura 2. Consumo de agua por lotes en kilogramos de café cereza beneficiado en Jilotepec Ver. durante la temporada de cosecha Noviembre-marzo 2021

Para vislumbrar la relación entre grado de maduración con el tiempo y consumo del agua durante el proceso de despulpado, en la figura (2) se observa que en la madurez múltiple (que incluye granos verdes, pintos y secos), la cantidad de kilogramos despulpados por minuto es menor. Esto debido a que el café con una maduración óptima (O), es decir, maduro, contiene un grado de humedad alto, permitiéndole al café cereza desprender la pulpa del grano con menor esfuerzo, requiriendo de esta forma menos agua. Por este motivo, se puede observar que cuando la madurez

es múltiple los kilogramos despulpados son menores comparados con la madurez óptima, teniendo así un uso mayor de agua.

Conclusiones

El beneficiado húmedo tiene un impacto ambiental en las fuentes hídricas, tanto por la elevada demanda de agua que requiere, como por la contaminación del agua residual producto del lavado. Ello impone la necesidad de implementar procesos ecológicos en las fincas cafetaleras. Estos procesos, a pesar de su sencillez, pueden reducir significativamente el volumen de agua.

Resulta difícil proponer sistemas estandarizados de lavado, debido a que cada productor tiene diferente manera de realizar el proceso, ya que no todos dejan fermentar el grano el mismo tiempo, y cada uno tiene diferentes formas de darse cuenta si está listo para ser lavado.

En general, el proceso es muy largo y demandante y su precio es muy variante, pero a pesar de eso, es un cultivo que tiene mucha importancia para la economía del país. Además de ser un cultivo de tradición dentro de Veracruz. Aunque en el área de estudio, que fue el municipio de Jilotepec, aún no tiene tanta fama, como en otros municipios del estado, esto a pesar de que cuenta con las condiciones de altitud, temperatura y precipitación para producir un café de calidad y con características para competir en el mercado internacional. Por último, aunque quedó como asignatura pendiente la instalación de un biofiltro a mayor escala, en el experimento a pequeña escala, se observó que tiene el potencial de sanear el agua de una manera sencilla, son de fácil acceso y representan una opción económica, además de que se adapta a espacios pequeños.

Agradecimientos y financiamiento: A la empresa Finca Quiroz, S. A. de C. V. y al Ingeniero Carlos Quiroz por permitir el acceso en tiempos complicados de contingencia y poder realizar mis residencias profesionales, además de enseñarme el trabajo que se requiere para poder disfrutar de una taza de café de calidad. Al Proyecto “Impulso a la cafecultura sustentable mediante innovaciones tecnológicas para el uso del agua y suelo en Jilotepec, Ver.” Clave 1111 2113/2023, financiado por el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET).

Bibliografía

- ASERCA. (2018). Café Veracruz. Septiembre, 2021. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/cafe-veracruz?idiom=es>
- CENICAFE. (2008). Sistemas de producción de café en Colombia 1ª edición. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- M. y Raquel, S. (2014). OPTIMIZACIÓN DEL USO DE FERTILIZANTES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ. CENICAFÉ. (2015). Beneficio de café en Colombia, prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficiado húmedo del café. CENICAFÉ, I, 37
- De la Cruz Elizondo, Y., Barrera A. M. E. y Fontalvo B. J. C. 2021. Gestión de propuestas municipales para la recuperación de manantiales en Jilotepec, Veracruz. En: Agua y territorios. Una vinculación desde la multidisciplinaria. Campos, López y Rodríguez (Eds). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ISBN 978-607-525-676-4
- INEGI 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Jilotepec, Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30093.pdf Consultado en febrero 2021
- Madero, G. (2008) *Arábica: el libro del café*.
- Puerta Q., G.I. EL BENEFICIO Y LA CALIDAD DEL CAFÉ. Chinchiná, Cenicafe, 2000. 45p
- Puerta Q., G.I. LA CALIDAD DEL CAFÉ. Chinchiná, Cenicafe, 2000, 9 p.
- Rodríguez-Valencia, N., Zambrano Franco, D. A., & Ramírez, C. A. (2013). Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 3, pp. 111–136). Cenicafe. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_31
- Ruelas-Monjardín L. C. (2018). *Manejo de las aguas residuales del beneficiado del café: un asunto relegado en Veracruz, México*. Revista Internacionales. Vol 4. Num 7, enero-junio, pp44-79.
- Ruelas-Monjardín, L.C., Arias Mota, R.M. y Rodríguez Ramos, L. (2020). *Impacto de la cafecultura en la contaminación del agua*. En G. Ortega P., D.A. Fabre P. y Y.I. Cano P. (Coords). Dialogando lo ambiental, compartiendo experiencias e intercambiando saberes (pp.291-307). Editorial ResistenciaSAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. México: Primera edición
- SECTUR (2021). Jilotepec. Disponible en <https://veracruz.mx/destino.php?Municipio=93> Consultado en febrero 2021.
- Valencia Sandoval, K. (2016). Competitividad de las exportaciones de café de Colombia, Guatemala y México hacia el mercado estadounidense (2001-2014). CIENCIA ergo-sum : revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Zuluaga, J., & Zambrano, D. (2001). Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. Avances técnicos CENICAFE, 18/27