

Crecimiento Económico y Sustentabilidad



ÍNDICE

Núm.	Título	Página
18.	Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos del centro agroindustrial y de exposiciones del Huila, “Ceagrodex del Huila S.A.	
	<i>José Fernando Sánchez Guarnizo, Nadia B. Sanabria Méndez, Marlio Bedoya Cardoso</i>	208
19.	Beneficios ambientales y económicos de la generación de electricidad con biogás para granjas porcinas y establos tecnificados en México	
	<i>José Apolonio Venegas Venegas, René Pinto Ruiz, Francisco Guevara Hernández y Deb Raj Aryal</i>	219
20.	Emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura de riego	
	<i>Jonathan Hernández Pérez, Thalía Ximena Tapia García</i>	233

21. **Modelo matemático de evaluación del uso de caña de azúcar en la
alimentación de bovinos**
- Jorge Vázquez Ronquillo, Ma. Teresa Kido Cruz, Amada Isabel Osorio
Terán, Eréndira Munguía Villanueva*
- 243
22. **Propuesta metodológica para el diseño de un exoesqueleto híbrido
para asistencia en tareas de la agricultura en la Universidad
Autónoma Chapingo metodología**
- Luis Tonatiuh Castellanos Serrano, María Victoria Gómez Águila, José
Alfredo Castellanos Suárez, Fernando Salinas Paniagua*
- 254
23. **Análisis económico del cultivo de maíz con el uso de un dosificador
variable**
- Alma Velia Ayala Garay, Marco Antonio Audelo Benítez, Diana Evelyn
García Lemus, Daylin Jannete De la Cruz Carrillo*
- 269
24. **Estrategias de Marketing para apoyar la conservación del Ajolote
en el Acuario Invernadero Chapingo**
- Higinio Francisco Arias Velazquez, María Sol Robledo y Monterrubio,
Verónica Hernández López*
- 276

25.	El Programa Interno de Retorno del Proyecto de Inversión	
	<i>Ramiro Martínez Cruz, Benigno Rodríguez Padrón, Samuel Rivera López</i>	286
26.	Mujeres jornaleras migrantes y su aporte al Desarrollo económico regional en los valles de Autlán de Navarro Jalisco	
	<i>Julia Magdalena Ávalos López, Imelda Rosana Cih Dzul, Evangelina Jasso Romero, Arturo Moreno Hernández</i>	297
27.	Beneficios sociales, ambientales y económicos de la regeneración de un ecosistema suburban	
	<i>Yesica María Domínguez Galicia, Tania Yaraseth Lucas Carbajal</i>	313

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos del centro agroindustrial y de exposiciones del Huila, “Ceagrodex del Huila S.A.

José Fernando Sánchez Guarnizo¹, Nadia B. Sanabria Méndez¹, Marlio Bedoya Cardoso¹

Resumen

En el departamento del Huila, una gran parte de los centros de beneficio animal han sido clausurados debido al manejo inadecuado de los residuos generados por esta actividad. La transformación de estos residuos orgánicos en compost se presenta como una alternativa ambiental, económica y socialmente viable. En consonancia con lo anterior, el presente documento expone los hallazgos de una investigación cuyo objetivo fue evaluar la calidad del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos del Centro Agroindustrial y de Exposiciones del Huila “Ceagrodex” S.A. Para ello, se recolectó material proveniente del beneficio de ganado bovino (sangre, pelos, orejas, caretas y contenido ruminal) y porcino (pelos, cascos y estiércol), así como material vegetal. Con estos materiales se establecieron dos pilas de compostaje. Las variables consideradas en este estudio para evaluar la calidad del compost se determinaron de acuerdo con la norma técnica colombiana (NTC) 5167 de 2004, ajustadas a los métodos utilizados por el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Surcolombiana y el Laboratorio Nacional de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre algunas de las variables evaluadas en el compost. Sin embargo, basado en la NTC 5167, todas las variables evaluadas en este estudio cumplieron con los requisitos exigidos, a excepción del porcentaje de fósforo, que fue menor al 1%.

Palabras clave: compostaje; beneficio animal; contenido ruminal; estiércol.

Abstract

In the department of Huila, a significant number of animal processing centers have been closed due to the inadequate management of waste generated by this activity. The transformation of these organic wastes into compost presents an environmentally, economically, and socially viable alternative. In line with the above, this scientific article presents the findings of research aimed at evaluating the quality of compost obtained from the organic waste of the Centro Agroindustrial y de Exposiciones del Huila 'Ceagrodex' S.A. For this purpose, material from the processing of bovine cattle (blood, hair, ears, hides, and ruminal content) and pigs (hair, hooves, and manure), as well as plant material, was collected. Two compost piles were established with these materials. The variables considered in this study to evaluate the quality of the compost were determined according to the Colombian Technical Standard (NTC) 5167 of 2004, adjusted to the methods used by the

¹ Universidad Surcolombiana, Programa de Ingeniería Agrícola. Avenida Pastrana Borrero, Carrera 1, Neiva, Huila, Colombia, COLOMBIA.
Correo: josesagu17@gmail.com; nadia.sanabria@usco.edu.co; marlio.bedoya@usco.edu.co

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

soil and water laboratory of the Universidad Surcolombiana and the National Soil Laboratory of Agustín Codazzi Geographic Institute (IGAC). The results show significant differences ($P < 0.05$) among some of the variables evaluated in the compost. However, based on NTC 5167, all variables evaluated in this study met the required standards, except for the phosphorus content, which was below 1%.

Keywords: composting; animal processing; rumen content; manure.

Introducción

Según un estudio realizado por la FAO (2011) sobre el estado de los recursos de tierras y aguas (SOLAW), la degradación de los suelos debido a la sobreexplotación y el uso excesivo de agroquímicos, que conlleva la pérdida de materia orgánica, la disminución de la fertilidad y la contaminación de los suelos comprometerá la capacidad de la producción agrícola para satisfacer la creciente demanda de alimentos y garantizar la seguridad alimentaria. En concordancia con esta situación, Hernández, et al (2010) afirman que “la agricultura actual demanda retomar con fuerza la producción, el uso y la aplicación de abonos orgánicos en diversas formas, con todos los beneficios que ello conlleva y con las precauciones que la calidad de los procesos requiere”. El compostaje es un proceso controlado de descomposición de materia orgánica en presencia de oxígeno, en el que intervienen una gran variedad de microorganismos, cuya supervivencia depende en gran medida de las condiciones ambientales y de los nutrientes presentes en los residuos a descomponer (Acosta y Peralta, 2015). El producto final, conocido como compost maduro, debe ser un material estable, con un alto contenido de materia orgánica, libre de patógenos humanos, bacterias contaminantes y semillas de maleza Román, et al (2013).

Durante el proceso de compostaje, es necesario monitorear variables críticas para garantizar un producto estable que pueda ser utilizado como fertilizante o mejorador de suelos, además de reducir el tiempo y los costos de producción Bueno, et al. (2007). La calidad del compost se determina por sus características físicas, químicas y biológicas, y su calidad requerida dependerá del uso final y de la sensibilidad de ese uso (USDA, 2000). El Centro Agroindustrial y de Exposiciones del Huila, “Ceagrodex S.A.”, es un centro de beneficio bovino y porcino que destina los residuos orgánicos para la elaboración de compost, una solución técnicamente adecuada frente a los impactos ambientales ocasionados por el inadecuado manejo y disposición de estos residuos (Guerrero y Monsalve, 2007). Considerando estos argumentos, el presente documento tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades fisicoquímicas del compost elaborado en la planta de compostaje de Ceagrodex, mediante el monitoreo de variables como la temperatura y el pH, el control de la humedad mediante la aplicación de láminas de agua mediante riegos y la aireación a través del volteo de la pila. Esta investigación también proporciona herramientas teóricas necesarias para producir compost que cumpla con los requisitos específicos exigidos por la NTC 5167, permitiendo su comercialización.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Materiales y métodos

Localización

El experimento se llevó a cabo en la planta de compostaje de Ceagrodex del Huila S.A., ubicada en el municipio de Rivera kilómetro 12 de la vía que conecta la ciudad de Neiva con el sur del departamento del Huila. Geográficamente, la planta de compostaje se sitúa en las coordenadas 2°49'51'' de latitud norte y 75°17'49'' de longitud oeste (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la Planta de Compostaje de Ceagrodex en Rivera, Huila.

Descripción

Se formaron dos pilas de compostaje utilizando una mezcla de residuos generados por aproximadamente 1.600 bovinos (incluyendo sangre, pelos, orejas, caretas y contenido ruminal) y 1.250 porcinos (incluyendo pelos, cascos y estiércol). De acuerdo con los registros históricos de la planta de sacrificio, se ha establecido que la cantidad promedio de residuos generados por cada animal sacrificado es de 27 kg. Los bovinos y 4.8 kg. Los porcinos. Para obtener las condiciones ideales de humedad y relación C/N necesarias para iniciar el proceso de compostaje, se añadió por cada bovino sacrificado una mezcla de 7 kg de cascarilla de arroz (utilizada como cama para el transporte de ganado) y 14 kg de hoja seca; y por cada porcino sacrificado, 1 kg de cascarilla de arroz y 2 kg de hoja seca, tal como lo establece el manual de compostaje de Ceagrodex. La cantidad total de residuos utilizados para iniciar el proceso de compostaje se detalla en la Cuadro 1.

Los residuos fueron mezclados y almacenados en un cuarto de almacenamiento de residuos orgánicos, que tiene aproximadamente 13 m x 27 m, está cubierto, ventilado, y cuenta con un canal para la recolección de lixiviados. El material fue transportado en un remolque halado por un tractor hasta el patio de transformación. Después de 15 días, se realizó el primer volteo de las pilas. Para llevar a cabo este primer volteo, la pila debe tener un nivel de humedad entre el 50% y el 60%. Con este primer volteo, la pila adquirió una forma piramidal característica y se inició el proceso de monitoreo de las variables (Figura 2). A cada una de las pilas se le agregó 50 kg de cal al momento de su establecimiento en campo, y durante las dos primeras fases de compostaje se añadieron 100 kg adicionales, para un total de 150 kg de cal a lo largo de todo el proceso. Esto se hizo con el objetivo de reducir la emisión de malos olores y regular el pH.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Cuadro 1. Cantidad de residuos empleados para el compostaje

Especie	Residuo	Residuos por animal (Kg)	Cantidad animales	Residuos totales (Kg)
Bovino	Residuo animal	27	1600	43200
	Cascarilla arroz	7		11200
	Hoja de árbol seca	14		22400
Porcino	Residuo animal	4,8	1250	6000
	Cascarilla arroz	1		1250
	Hoja de árbol seca	2		2500
Total				86550



Figura 2. Pila verde y pila de compost, primer volteo.

Para la medición del pH, se tomaron muestras a los 2, 5, 14, 21, 28, 37, 44, 51, 58, 65, 73, 80, 87, 92, 98, 105, 112, 119, 126, 133 y 147 días después de realizar el primer volteo a las pilas verdes. Estas muestras se analizaron por duplicado en el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana, utilizando un extracto acuoso en una relación 1:5 (10 g de muestra en 50 ml de agua destilada) y un potenciómetro Thermo Scientific Orion. La temperatura se midió diariamente después del primer volteo de la pila en 6 puntos diferentes a lo largo de las pilas de compost, a una profundidad de 0.8 metros, utilizando un termómetro de sonda marca Vici, modelo CHY801. El contenido de humedad se determinó utilizando la técnica manual o de puño, como sugieren Uicab-Brito y Sandoval (2003); Altamirano y Cabrera (2006); Sztern y Pravia (1999); Román et al. (2013).

Para alcanzar la humedad deseada (50% - 60%) y favorecer la aparición y el crecimiento de microorganismos involucrados en el proceso de compostaje, las pilas se humedecieron con un

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

cóctel de microorganismos durante las fases mesofílica I y termofílica. Durante la fase mesofílica II, las pilas se humedecieron únicamente con agua. Para preparar el cóctel, se utilizaron 60 kg de melaza, 5 kg de soya, 20 litros de yogurt y 20 litros de suero. Todos los ingredientes se mezclaron en un tanque de 5000 litros y se completó el volumen con agua limpia. El cóctel se cubrió y se dejó fermentar durante 10 días antes de su aplicación. Las pilas se oxigenaron mediante volteos utilizando la volteadora de la planta de compostaje de Ceagrodex (Agraris 220), la cual tiene una altura máxima de 1.9 m y una altura mínima de 1.5 m, ajustable con cilindros hidráulicos. El ancho de la máquina volteadora es de 2.2 m. A la pila 1 se le realizaron 11 volteos en los días 8, 17, 27, 33, 40, 47, 54, 75, 96, 117 y 138; y a la pila 2 se le realizaron 10 volteos en los días 8, 17, 27, 33, 40, 54, 75, 96, 117 y 138. En ambos casos, se excluye el primer volteo, que se realizó a las pilas verdes. Desde la formación de las pilas verdes en campo hasta el primer volteo transcurrieron 15 días. A partir de ese momento y hasta la recolección de las pilas transcurrieron 147 días, lo que hace que la duración total del proceso de compostaje fuera de 162 días.

Métodos de muestreo y técnicas de laboratorio utilizadas

Las muestras para el monitoreo del pH y la evaluación de la calidad final del compost se tomaron siguiendo el protocolo del laboratorio INIA (2015). Estas muestras fueron empacadas en bolsas tipo Ziploc®, rotuladas y colocadas en un envase tipo nevera de poliestireno expandido para su traslado al laboratorio. Las muestras destinadas a determinar la calidad final del compost se evaluaron por triplicado, de acuerdo con la metodología indicada en la NTC 5167 de 2004, ajustada a los métodos utilizados por el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Surcolombiana y el Laboratorio Nacional de Suelos del IGAC (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables evaluadas para determinar la calidad del compost

VARIABLE	METODO
Contenido de cenizas	Calcinación a 550°C
Contenido de Humedad	Horno de secado
Contenido Na	NTC 5349
Contenido de carbono orgánico oxidable total	NTC 5403 método B, Walkley Black
Contenido N total	Kjeldahl
Contenido P ₂ O ₅ total	NTC 5350 Bray II
Contenido K ₂ O total	NTC 5349
Relación C/N	Relación matemática; C/N
Capacidad de Intercambio Catiónico CIC	NTC 5268
Capacidad de retención de humedad	Relación matemática; g agua/g suelo
Ph	Potenciómetro, Relación, 1:5 NTC 5264
Densidad	NTC 5167
Conductividad eléctrica	Extracto de saturación, NTC 5596
contenido de materia orgánica	Calcinación a 550°C

Fuente: Laboratorio de suelos y agua Universidad Surcolombiana; Laboratorio nacional de suelos del IGAC

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS® Centurión XVI con el fin de realizar una comparación entre dos muestras independientes mediante una prueba t de Student, con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de las variables evaluadas en las muestras de compost. Asimismo, se verificó si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los datos mostrados en la etiqueta del compost comercializado por Ceagrodex (Ceagrocompost) y las medias de las variables evaluadas en las muestras de compost de cada pila.

Resultados y discusión

De acuerdo con la Figura 3, las pilas comenzaron el proceso a una temperatura característica de la fase mesofílica, por debajo de los 40°C. Al tercer día del proceso, la pila 1 alcanzó temperaturas superiores a los 45°C, ubicándose dentro del rango de la fase termofílica. Por su parte, la pila 2 alcanzó estas temperaturas al segundo día del proceso. El rápido aumento de la temperatura al inicio del compostaje se debe al calor generado por la actividad metabólica de los distintos grupos fisiológicos involucrados en el proceso de descomposición (Román et al., 2013; Uicab-Brito y Sandoval, 2003).

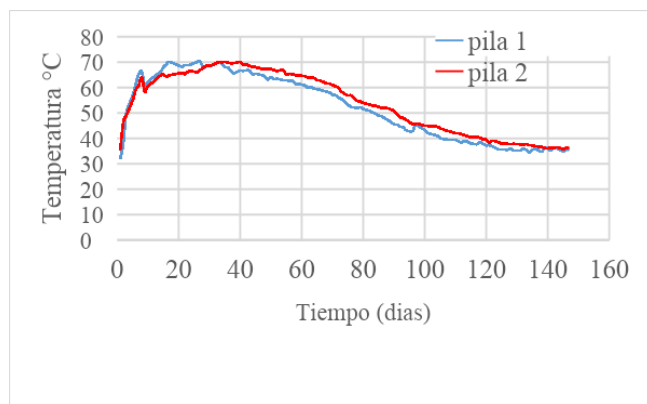


Figura 3. Comportamiento de la temperatura

Las temperaturas de la fase termofílica se mantuvieron durante aproximadamente 90 días en ambas pilas. La prolongada elevación de las temperaturas en el proceso de compostaje se atribuye a la adición de preparados biodinámicos al compost (Escobar, et al. 2012). La temperatura máxima registrada en la pila 1 fue de 70,3°C, mientras que la pila 2 alcanzó un pico de 70,1°C. Cuando el compost alcanza temperaturas cercanas a 70°C, se eliminan microorganismos patógenos, hongos, esporas, semillas y otros elementos biológicos indeseables, lo que asegura una adecuada higienización del material (Barrena, 2006; Sztern y Pravia, 1999). A medida que disminuyeron las fuentes de nitrógeno y carbono, la temperatura de las pilas comenzó a bajar. La pila 1 volvió a los 45°C a los 92 días del proceso, mientras que la pila 2 alcanzó esta temperatura a los 100 días. A partir de ese momento, se inició la fase mesofílica II, durante la cual las pilas continuaron

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

enfriándose gradualmente hasta alcanzar la temperatura ambiente (entre 35°C y 33°C). A los 147 días del proceso, se recogieron las pilas de compost y comenzó la fase de maduración. Según la Figura 4, el proceso de compostaje comenzó con un pH muy cercano al neutro (7,2 para la pila 1 y 7,1 para la pila 2) y aumentó gradualmente hasta que la pila 1 alcanzó un pH de 8,1 a los 37 días, y la pila 2 alcanzó un pH de 8,3 a los 44 días. A partir de ese momento, el pH comenzó a descender, finalizando el proceso con valores de pH por debajo del neutro: 6,56 para la pila 1 y 6,6 para la pila 2.

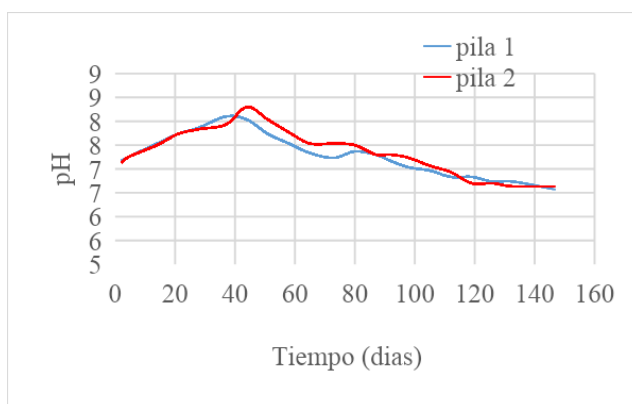


Figura 4. Comportamiento del pH durante el proceso de compostaje.

Normalmente, los valores de pH al inicio del proceso tienden a ser ligeramente ácidos debido a la generación de ácidos orgánicos resultantes de la descomposición de los compuestos más simples presentes en los residuos. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio probablemente se deban a la aplicación de cal agrícola al inicio del proceso de compostaje, así como al tiempo que transcurrió antes de que las primeras muestras fueran trasladadas al laboratorio para su análisis (aproximadamente 40 días). De acuerdo con autores como Bueno et al. (2007), Escobar et al. (2012) y Román et al. (2013), los valores de pH obtenidos durante el proceso y al final de este se consideran óptimos, ya que se encuentran dentro de los rangos permisibles para el desarrollo de los distintos grupos fisiológicos responsables de la descomposición de los residuos. En el cuadro 3 se presenta una comparación de medias utilizando la prueba t de Student para cada una de las variables evaluadas en el compost.

Según la comparación de medias realizada entre las pilas de compost y los datos aportados por Ceagrocompost, el carbono orgánico oxidable total (COOT) es la única variable que no presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las dos pilas y Ceagrocompost. Los valores de COOT coinciden con los reportados por Defrieri et al. (2005) y Escobar et al. (2012), y se encuentran dentro de lo establecido por la NTC 5167 ($\geq 15\%$).

En cuanto a las variables de materia orgánica y cenizas, debido a que las pilas recibieron el mismo tratamiento durante todo el proceso, exceptuando un volteo adicional realizado en la pila 1, las diferencias pueden atribuirse a una mezcla insuficiente del material al inicio del proceso. A pesar

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

de esto, los valores de cenizas en las pilas de compost se encuentran dentro del rango establecido por la NTC 5167 (<60%).

Cuadro 3. Resultados de los análisis efectuados al compost y resultados de la prueba t para la comparación de medias

VARIABLE	PILA 1	PILA 2	CEAGROCOMPOST	NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (%)	21,95 ^a	19,59 ^a	19,9 ^a	≥ 15%
Materia orgánica (%)	74,10 ^a	55,98 ^b	45,3 ^c	---
Cenizas (%)	25,90 ^a	44,02 ^b	54,7 ^c	≤ 60%
Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol+/kg)	45,69 ^a	36,93 ^b	53,2 ^c	≥ 30 cmol+/kg
Capacidad de Retención de humedad (%)	131,33 ^a	131 ^a	148 ^c	≥ 100%
Conductividad Eléctrica (ds/m)	13,05 ^a	14,06 ^b	0,15 ^c	---
Nitrógeno Total (%)	2,89 ^a	2,52 ^a	1,43 ^b	≥ 1%
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0,70 ^a	0,86 ^b	2,37 ^c	≥ 1%
Potasio total (K ₂ O) (%)	17,79 ^a	16,57 ^b	0,79 ^c	≥ 1%
Sodio (Na) (%)	6,08 ^a	6,86 ^b	1,23 ^c	---
Humedad (gravimétrica) (%)	19,23 ^a	8,4 ^b	8,4 ^b	≤ 20%
pH	6,57 ^a	6,63 ^a	5,06 ^b	4 – 9
Densidad (g/cm ³)	0,45 ^a	0,5 ^b	0,46 ^a	≤ 0,6 g/cm ³
Relación C/N	7,63 ^a	7,79 ^a	13,92 ^b	---

Los valores en la misma línea que se muestran con letras minúsculas diferentes difieren significativamente entre sí (p<0.05).

La pila 1 contiene un 18,12% más de materia orgánica que la pila 2. Según diversos autores, el contenido de materia orgánica afecta directamente la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo, lo que explica en gran medida la diferencia en la CIC entre la pila 1 y la pila 2, que es de 8,76 cmol+/kg. Sin embargo, los valores de CIC se encuentran dentro del rango establecido por la NTC 5167 (> 60%). Aunque se observó una diferencia estadísticamente significativa en la conductividad eléctrica entre las dos pilas, los valores obtenidos, 13,05 y 14,06 dS/m para la pila 1 y 2, respectivamente, son muy similares. De acuerdo con Bohorquez (2013), la conductividad eléctrica aumenta durante el proceso debido a la degradación y mineralización de los materiales orgánicos, que liberan compuestos responsables de la salinidad en el compost. Los altos contenidos de nitrógeno, potasio y sodio contribuyeron a alcanzar estos valores de conductividad eléctrica en este momento del proceso de compostaje. Los valores de conductividad eléctrica de las pilas 1 y 2 muestran una gran diferencia en comparación con el valor reportado por Ceagrocompost. Esto posiblemente se deba a la metodología utilizada para la determinación. En este estudio, la medición se realizó utilizando el extracto de saturación, mientras que Ceagrocompost la determinó utilizando la relación 1:200 compost.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

De manera similar, los resultados obtenidos por otros autores muestran que los valores de conductividad eléctrica pueden variar ampliamente en abonos o enmiendas orgánicas. Altamirano y Cabrera (2006) citan valores de 21,1 y 16,83 dS/m; Chilón (2011) encuentra valores entre 2,85 y 3,55 dS/m; Bohorquez (2013) reporta valores entre 4 y 8 dS/m; Martínez, Migliarina, Luna, Van Konijnenburg y Pellerejo (2008) encontraron valores entre 1,5 y 2,8 dS/m. Christian, Evanylo y Pease (2009) señalan que, si el compost se utiliza como mejorador de suelos, la conductividad eléctrica no debe superar los 20 dS/m. Los resultados de nitrógeno, fósforo, potasio y sodio muestran diferencias estadísticamente significativas en comparación con los reportados por Ceagrocompost. Sin embargo, en este estudio, el fósforo no cumple con los requisitos de la NTC 5167, mientras que en Ceagrocompost, el potasio es el nutriente que no cumple con lo establecido en la NTC 5167. Las dos pilas evaluadas tienen aproximadamente el doble de contenido de nitrógeno en comparación con lo reportado por Ceagrocompost. A pesar de esto, los resultados son similares a los reportados por Guerrero y Monsalve (2007) (2,0 y 1,49%) y Riera (2016) (3,1%), quienes utilizaron mezclas de estiércol bovino, contenido ruminal y material vegetal. La mayor diferencia entre los macronutrientes se encuentra en el potasio, en este estudio, en comparación con el 0,79% reportado por Ceagrocompost. Asimismo, los valores de sodio encontrados en este estudio son aproximadamente un 5% superiores a los valores reportados por Ceagrocompost.

En cuanto al pH, aunque se encontraron diferencias estadísticamente significativas, los valores son bastante similares. Los tres valores reportados son ligeramente ácidos: 6,57 y 6,63 para las pilas evaluadas en este estudio y 5,06 para Ceagrocompost, todos ellos dentro del rango de 4 a 9 establecido por la NTC 5167. La densidad de la pila 1 y Ceagrocompost no muestra diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero sí en comparación con la pila 2. Sin embargo, los valores son muy similares: 0,45 g/cm³ para la pila 1, 0,5 g/cm³ para la pila 2 y 0,46 g/cm³ para Ceagrocompost. Los tres valores cumplen con lo establecido por la NTC 5167 (<0,6 g/cm³). Al igual que la mayoría de las variables evaluadas, los valores de la relación C/N encontrados en este estudio muestran diferencias estadísticamente significativas con los valores reportados por Ceagrocompost. Aunque la NTC 5167 no establece un valor de referencia para la relación C/N, diversos autores mencionan que al final del proceso de compostaje, la relación C/N debe estar entre 10 y 20. De acuerdo con esto, Ceagrocompost ofrece un valor aceptable de relación C/N (13,92), mientras que la relación C/N en este estudio estuvo por debajo de 10 (7,63 y 7,79). Estos valores coinciden con los reportados por Pérez, Pérez y Vertel (2010) en un compost elaborado a partir de estiércol bovino (7,44). Los autores asocian esta variable con la velocidad de liberación de nutrientes en el suelo, indicando que una relación C/N menor a 10 implica una liberación más rápida de nutrientes por parte del compost.

Además de las posibles causas de las diferencias mencionadas, otro factor que influyó en los resultados fue el momento en que se tomaron las muestras para análisis. En este estudio, los análisis se realizaron al finalizar la tercera fase de compostaje, es decir, la fase mesofílica II, mientras que los análisis realizados por Ceagrocompost se efectúan en compost ya maduro, es decir, después de un mínimo de 2 meses de haber concluido la fase mesofílica II.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Conclusiones

El compost producido a partir de los residuos orgánicos del Centro Agroindustrial y de Exposiciones del Huila (Ceagrodex) es rico en nitrógeno y potasio, según lo establecido por la NTC 5167, ya que todas las variables evaluadas en este estudio cumplen con los requisitos exigidos, salvo el porcentaje de fósforo, que es inferior al 1% y, por lo tanto, no debe incluirse en la etiqueta del producto. Además, el uso de los residuos orgánicos generados en Ceagrodex para la fabricación de abono orgánico no solo mitiga los impactos ambientales negativos, sino que también produce un producto que aporta grandes beneficios al suelo y genera ingresos económicos para la empresa. El monitoreo de la temperatura y el pH permite verificar el desarrollo del proceso de compostaje. Asimismo, el registro diario de la temperatura proporciona una indicación parcial del grado de madurez y esterilización que alcanza el material. Por otra parte, debido a la alta conductividad eléctrica del compost, se recomienda su uso como acondicionador de suelo en lugar de como sustrato único. Actualmente, el producto Ceagrocompost se comercializa como fertilizante orgánico para aplicación al suelo en forma de polvo mojado.

Referencias bibliográficas

- Acosta, W., y Peralta, M. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá (Tesis de pregrado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Altamirano, M., y Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, IX (17), 75-84.
- Bueno, P., Diaz, M., y Cabrera, F. (2007). Factores que afectan al proceso de compostaje. En J. Moreno, & R. Moral, Compostaje (págs. 93-109). Madrid., España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (Tesis de doctoral), Universidad Autónoma de Barcelona.
- Bohorquez, A. (2013). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de la molienda de caña de azúcar en la compañía Riopaila Castilla, Valle del Cauca, Colombia, (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia.
- Ceagrodex del Huila. (2015). Manual de procedimientos del compostaje. Edición actualizada, Rivera.
- Chilón, E. (2011). Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático. CienciAgro, II(2), 261- 268.
- Christian, A., Evanylo, G., y Pease, J. (2009). On farm composting: a guide to principles, planning and operations. Virginia Cooperative Extension. (VCE). disponible en: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48077/452-232_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y [30 Julio de 2024]
- Defrieri, R. L., Jimenez, M. P., Effron, y Palma, M. (2005). Utilization of chemical and microbiological parameters as maturity criteria during the composting process. Agriscientia, XXII (1), 25-31.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Escobar, F., Sánchez, J., y Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la granja modelo Pairumani. *Acta Nova*, V (3), 390- 410.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *El Estado de los Recursos de Tierras y Aguas del Mundo para la Alimentación y la agricultura*.

Guerrero, J., y Monsalve, J. (2007). Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *Scientia et Technica*, XIII (34), 595-600. Disponible en : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934101>

Hernández, O., Ojeda, D., Lopez, J., y Arras, A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, IV (1), 1-6.

Instituto Colombiano de Normas Tecnicas (ICONTEC). (2004). *Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo*. NTC 5167. Bogota D.C, Colombia.

Laboratorio INIA. (2015). *Formulario recepción muestras de compost*. Chile. Disponible en: <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/formularios/quilamapu/Formulario%20de%20Recepcion%20Muestras%20de%20Compost.pdf>

Martínez, R., Miglierina, A., Luna, M. V., y Pellerejo, G. (2008). Evaluación del compostaje de los residuos del procesamiento de cebolla. *Revista Pilquen*, X (9). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3360603>

Pérez, R., Pérez, A., y Melba, V. (2010). Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga* (5), 27-37.

Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Sztern, D., y Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost- bases conceptuales y procedimientos*. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>

Uicab-Brito, L. A., y Sandoval, C. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and subtropical agroecosystems*, II (2), 45-63. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912118001>

United States Department of Agriculture (USDA). (2000). Part 637 Environmental Engineering, *National Engineering Handbook*. Chapter 2. Composting.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Beneficios ambientales y económicos de la generación de electricidad con biogás para granjas porcinas y establos tecnificados en México

José Apolonio Venegas Venegas¹, René Pinto Ruiz², Francisco Guevara Hernández³ y Deb Raj Aryal⁴

Resumen

El cambio climático es una realidad y la principal categoría de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que lo ocasionan, es la quema de combustibles de origen fósil para generar electricidad y transporte principalmente. Además, las emisiones de metano derivado de la actividad pecuaria que es el segundo GEI en importancia por la concentración en la atmósfera, pero 28 veces más dañino que el CO₂ contribuyen al problema. El objetivo de esta investigación es dar a conocer los beneficios ambientales, sociales y económicos del uso de biodigestores tipo laguna y motogeneradores accionados con biogás para la generación de energía eléctrica en granjas porcinas y establos lecheros tecnificados en México. La investigación consistió en un análisis ambiental donde se contempló la reducción de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e) con la implementación de energía renovable con la metodología ACM0010. También con la revisión de artículos, se analiza la factibilidad financiera de la generación de energía eléctrica por medio de biogás y un análisis la ganancia por la implementación del sistema biodigestor motogenerador en granjas porcinas y establos lecheros tecnificados en México. Con la implementación de biodigestores tipo laguna se estaría dejando de emitir entre el 75-77 % de emisiones de línea base para granjas porcinas y establos lecheros tecnificados, además de la reducción de emisiones por desplazamiento por el uso del motogenerador. Las ganancias para granjas porcinas tecnificadas son mayores a los \$100 mil por año y mayores a \$300 mil para establos lecheros tecnificados.

Palabras clave: Biogás, energía eléctrica, granja porcina y establo lechero tecnificado, y beneficio ambiental y económico.

Abstract

Climate change is a reality and the main category of Greenhouse Gas (GHG) emissions that cause it is the burning of fossil fuels mainly to generate electricity and transportation. In addition, methane emissions derived from livestock activity, which is the second most important GHG in terms of concentration in the atmosphere, but 28 times more harmful than CO₂, contribute to the problem. The objective of this research is to make known the environmental, social and economic benefits of the use of lagoon-type biodigesters and biogas-powered motor generators for the generation of electrical energy in pig farms and modernized dairy barns in Mexico. The research

¹ CONAHCYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, Carr. Villaflores-Ocozocoautla Km. 7.5, C.P. 30470, Villaflores, Chiapas javenegasve@conahcyt.mx

² Universidad Autónoma de Chiapas, rene.pinto@unach.mx

³ Universidad Autónoma de Chiapas, francisco.guevara@unach.mx

⁴ CONAHCYT-UNACH, deb.raj@unach.mx

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

consisted of an environmental analysis where the Carbon Dioxide Equivalent (CO₂e) reduction was contemplated with the implementation of renewable energy with the ACM0010 methodology. Also with the review of articles, the financial feasibility of the generation of electrical energy through biogas is analyzed and an analysis of the gain from the implementation of the motor-generator biodigester system in pig farms and modernized dairy barns in Mexico. With the implementation of lagoon-type biodigesters, between 75-77 % of baseline emissions for pig farms and modernized dairy farms would be eliminated, in addition to the reduction of emissions due to displacement through the use of the motor generator. Profits are greater than \$100,000 per year for modernized pig farms and greater than \$300,000 for modernized dairy farms.

Keywords: Biogas, electric energy, pig farm and modernized dairy barn, and environmental and economic benefit.

Introducción

El crecimiento poblacional, de la industria, transporte y electricidad está estrechamente relacionado con el crecimiento de la demanda de energía mundial, conlleva al aumento del consumo de combustibles de origen fósil para la generación de energía, sin embargo, ha contribuido a la contaminación atmosférica y al calentamiento global (Estrada, 2013; Arango et al. 2014; Tovar y Pazuña, 2023), este aumento ha sido más marcado a partir de 1980.

De acuerdo con Estrada (2013), el incremento de la población mundial en la última centuria ha sido insólito, en 2030 había una población mundial de 2,000 millones de personas, en 1960 la población aumentó a 3,000 millones, sin embargo, se duplicó a 6,000 millones en 1999, para el año 2011 la población alcanzó los 7,000 millones, Estrada pronosticaba que en 2030 seríamos 8,000 millones de personas. Sin embargo, dicha cifra se alcanzó el 15 de noviembre de 2022 y de acuerdo a datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2024), está previsto que la población mundial alcance los 8,500 millones en 2030, los 9,700 millones en 2050 y 10,400 millones de personas en 2100. De acuerdo con Clima Trade (2024), cada año se emiten a la atmósfera de la tierra más de 36 mil millones de toneladas de CO₂, el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI) que contribuye al cambio climático. La mayoría de estos gases son generados por el uso de combustibles de origen fósil para la generación de energía por vías no renovables. China es el primer contaminador a nivel mundial, sus emisiones en 2019 representaron el 38.9 % del total mundial, en segundo lugar, se encuentra Estados Unidos con el 16.7 %, México representa el décimo lugar por la emisión de CO₂ por la quema de combustibles de origen fósil para la generación de energía, sus emisiones en 2019 representaron el 2.2 % del total mundial (Clima Trade, 2024).

La demanda energética mundial está en continuo aumento, de acuerdo al escenario realizado por la International Energy Agency (IEA, 2019), si el mundo continúa su camino actual, sin cambios en su política, el escenario señala que la demanda de energía aumentará 1.3 % año con año hasta 2040, con una demanda de servicios energéticos desenfrenada. En el mundo el 61.4 % de la energía eléctrica en 2020 se generó con combustibles de origen fósil (Energy Information Administration [EIA], 2021). Mientras que en México el uso de combustibles de origen fósil para generar electricidad y calor, emiten el 23 % de las emisiones totales de CO₂e del país (Secretaría de Medio

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [SEMARNAT e INECC], 2022). México emitió en 2019 un total de 736,629.7 Gg de CO₂e, la principal categoría de emisión es la generación de energía con el 64 %, la agricultura genera el 15 %, Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) con un 10 %, Uso de Tierra, Cambio de Uso de Tierra y Silvicultura (UTCUTS) con el 4 % y Residuos con un 7 %. La agricultura en 2019 generó 110.272 Gg CO₂e, de los cuales el 58 % corresponde a fermentación entérica y el 20 % a gestión de estiércol (SEMARNAT e INECC, 2022).

El panorama energético mundial dependiente de combustibles de origen fósil proveniente principalmente de derivados del petróleo, está en un proceso de transformación, en los próximos años dicho energético será desplazado por energías alternativas, principalmente porque éstas están cobrando mayor importancia en ayudar a los países a desarrollar sistemas energéticos modernos, seguros y eficientes (Díaz-Arias, 2022). La estructura energética mundial es no sustentable y se requiere de un cambio de paradigma energético basado en la eficiencia energética y el uso de fuentes alternas como las energías renovables (ER), son una gran oportunidad para la innovación, el desarrollo científico, tecnológico, económico y social de México, Centroamérica y el Caribe (Estrada, 2013).

Por esta razón el biogás se ha convertido en los últimos años en una alternativa de generación de energía (Arango et al. 2020). Bajo este contexto, en México hay una gran oportunidad de contribuir con el ambiente desde el sector agropecuario, se pueden aprovechar los residuos orgánicos generados en las granjas porcinas y establos lecheros tecnificados en México, para generar biogás por medio de biodigestores tipo laguna, este energético renovable se utiliza como fuente de energía para motogeneradores y de esta forma dichos agronegocios pueden generar su propia energía eléctrica. De esta manera se obtienen varios beneficios, como es el aprovechamiento de metano que ya no se libera a la atmósfera, con ello se reducen importantes emisiones de GEI. Se produce energía eléctrica con un combustible renovable (biogás), los agronegocios que están generando su propia electricidad utilizan una mínima parte de la generada comercialmente, la cual se produce con combustibles de origen fósil, de esta forma hay reducción de GEI también. Además, de la eliminación de problemas de salud, de contaminación de suelo y agua, que se ocasiona dentro y en los alrededores de las granjas y establos lecheros tecnificados que están utilizando esta tecnología renovable.

Biogás, biodigestores y experiencias de generación de energía eléctrica con biogás en México

El biogás se produce por acción de los microorganismos metanogénicos al degradar la materia orgánica en ausencia de oxígeno (Digestión Anaerobia), el cual posee un gran potencial para ser utilizado como biocombustible (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019). Los tres principales productores mundiales de biogás son China, Estados Unidos y Alemania, casi el 100 % del biogás generado en China es producido en biodigestores de pequeña escala y es utilizado como energía calórica en la cocina doméstica. A diferencia Estados Unidos utiliza la mitad para generar electricidad y la otra mitad para generación de calor, en Europa (incluidos Alemania, Italia, Reino Unido y otros) utilizan más del 90 % del biogás para generar

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

electricidad, mientras que en todo el mundo la proporción de biogás utilizado como combustible para vehículos es $< 1\%$ pero está creciendo continuamente (International Renewable Energy [IRENA], 2018).

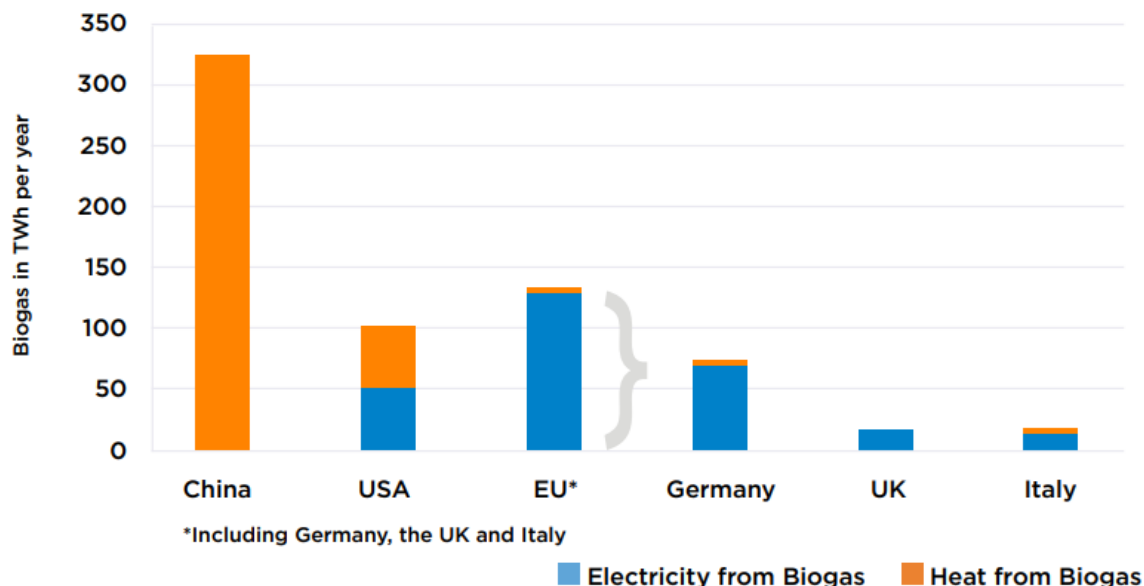


Figura 1. Use of biogas in countries with most biogas production in 2013.

Fuente: IRENA (2018).

De acuerdo con Martí (2019), un biodigestor es un sistema que produce biogás y fertilizante a partir de materia orgánica, este sistema opera en condiciones anaerobias, es decir, con ausencia de oxígeno y con la presencia de consorcios bacterianos adecuados generan y capturan el biogás. Hoy en día existe una gran variedad de materiales para la construcción de biodigestores alrededor del mundo hay una adaptabilidad de acuerdo al contexto y necesidad, se han encontrado materiales como geomembranas de polietileno, caucho flexible, concreto, acero al carbono, poliestireno expandido, acero inoxidable y plástico principalmente (CEPAL, 2019; Food and Agriculture Organization [FAO], 2019). En México para granjas de actividad empresarial los biodigestores que se han implementado son los de tipo laguna contruidos de geomembrana (Venegas et al. 2019).

De acuerdo a United States Agency for International Development and International Renewable Resources Institute of México (USAID and IRRI, 2015), en México hay un total de 2,167 biodigestores, el 36.9 % corresponde al sector doméstico, el 7.6 % al sector productivo y el 55.5 % corresponde al sector industrial (capacidad superior a 1000 m³). De los biodigestores del sector industrial, 640 fueron apoyados por Mecanismo de Desarrollo limpio (MDL), 317 apoyados por SAGARPA y 302 fueron financiados por la iniciativa privada. El biogás producido puede ser quemado en una turbina de gas o motores de combustión interna, los cuales generan electricidad y calor (Venegas et al. 2017). De acuerdo con Arango et al. (2014), la utilización de biogás como fuente de energía se justifica por la mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero al ambiente, a través de la degradación confinada de residuos orgánicos y la captación de metano.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Además, el uso de biogás en motores de combustión interna representa una ventaja significativa en el control del cambio climático por la mitigación de GEI que afectan el medio ambiente.

De acuerdo con estadísticas de IRENA (2024), la generación mundial de energía eléctrica por medio de biogás es de 93,502 GWh en 2022. Alemania es el productor número uno, su producción en 2022 representó el 34.5 % del total mundial, el segundo productor es Estados Unidos con el 11.0 % del total mundial y en tercer lugar se encuentra Italia con el 8.4 %. Cabe destacar que cuatro países que se encuentran dentro de los 9 principales productores de electricidad por medio de biogás, en el período de 2014-2022 presentaron un incremento considerable. Turquía tuvo una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del 20.3 %, China comienza a tener representatividad en la generación de energía eléctrica por medio de biogás, en el periodo mencionado tuvo una TMCA del 16.3 %, además hay que hacer una mención especial a Brasil único país latinoamericano que ya es uno de los principales productores mundiales, tuvo una TMCA del 11.7 % y Francia con una TMCA del 8.1 %. México en 2022 generó 204 GWh, los cuales representan el 0.2 % mundial y en el período de 2014-2022 presentó una TMCA del 2.8 %.

En México los biodigestores tipo laguna llegan por los acuerdos establecidos en el protocolo de Kioto, por uno de sus tres mecanismos: Mecanismo de Desarrollo Limpio. El gobierno federal aprovecho esos biodigestores y dio el siguiente paso, generar energía eléctrica por medio de motogeneradores accionados con biogás. En 2006 la entonces SAGARPA (ahora Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]) en colaboración con la Universidad Autónoma de la Ciudad de México implementaron un proyecto piloto e instalan 9 motogeneradores en granjas porcinas que ya contaban con un biodigestor tipo laguna en los estados de Jalisco, Sonora y Nuevo León (SAGARPA, 2007). Dicho proyecto tuvo un efecto multiplicador, abrió el camino para que en muchos agronegocios generen actualmente energía limpia y contribuyan con la reducción de Gases de Efecto invernadero y sobre todo ahorren más del 70 % en el pago de energía eléctrica que puede llegar al 100 %.

En el periodo 2008–2012, el Gobierno Federal a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), apoyó la construcción de 327 biodigestores y la adquisición de 137 motogeneradores a partir de biogás, para generar energía eléctrica y térmica la cual es utilizada para diversos fines productivos dentro de las explotaciones agropecuarias, en diferentes estados de México (Secretaría de Energía [SENER], 2012). Una experiencia documentada sobre biodigestores tipo laguna y motogeneradores que el gobierno federal por medio de FIRCO apoyó en granjas porcinas de Puebla. El FIRCO entre los años 2008 a 2012 apoyó a 10 granjas porcinas con biodigestores tipo laguna en el estado de Puebla, los biodigestores en conjunto están generando 5.8 millones de m³ de biogás por año y dejando de emitir 31,904 t CO₂e año⁻¹. Además, apoyo a 18 proyectos con motogeneradores, la energía eléctrica generada con los motogeneradores cubre el 72 % de la demanda total de las granjas. Las granjas pueden cubrir 100 % de sus necesidades de energía eléctrica pero los motogeneradores no están operando a su máxima capacidad. En Puebla a partir de 2012 el ahorro total derivado de los 18 proyectos de FIRCO es de \$6,590,163 por año (Venegas et al. 2017).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Materiales y métodos

La investigación tiene tres fases la primera consistió en realizar un análisis ambiental para diferentes tamaños de granjas porcinas y establos lecheros tecnificados en México, donde algunos autores han evaluado su viabilidad. Se utilizó información secundaria de las investigaciones de Venegas et al. (2017), Venegas et al. (2019) y Venegas et al. (2023). Se estableció una línea base del grado de contaminación que generan las granjas porcinas o establo lechero expresada en t CO₂e antes de la implementación de biodigestores y motogeneradores y un escenario potencial de reducción de emisiones que se puede alcanzar al emplear dicha tecnología renovable.

Para ello se utilizó la metodología “ACM0010” de la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2013).

La segunda fase consistió en realizar una búsqueda de artículos científicos para analizar los diferentes estudios que se han realizado en México con motogeneradores operados con biogás y donde se les evaluó su viabilidad con indicadores financieros, tanto en granjas porcinas como establos lecheros tecnificados en México. La tercera etapa consistió en calcular los costos, ingresos y ganancias por año para diferentes tamaños de granjas porcinas y establos lecheros tecnificados con sistema (biodigestor-motogenerador). Para ello se utilizó información secundaria de los estudios realizados por Venegas et al. (2017), Venegas et al. (2019) y Venegas et al. (2023). Se consideraron los costos de mantenimiento del biodigestor y el motogenerador. Como ingresos el ahorro por kilowatt multiplicado por los kilowatts generados en el motogenerador. El ahorro por kilowatt fue el manejado por Venegas et al. (2019) que es de \$2.3 kW, además de ingreso por biofertilizante, donde se consideró un precio promedio de \$600 manejado en la zona centro de México.

El costo total se calculó con la siguiente expresión Krugman y Wells (2006), y Samuelson y Nordhaus (2009):

$$CT = P_x X$$

Donde:

CT = Costo total de la producción

P_x= Precio del insumo o actividad X

X=Actividad o insumo.

El Ingreso Total se calculó con la siguiente expresión Krugman y Wells (2006); y Samuelson y Nordhaus (2009):

$$IT = P_y Y$$

Donde:

IT= Ingreso total

P_y= Precio de mercado del bien.

Y=Rendimiento del bien.

Para calcular la ganancia se utilizó la metodología propuesta por Gould y Lazear (1994), y Nicholson y Snyder (2010).

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

$$\pi = IT - CT$$

π = Ganancia

Resultados y discusión

Beneficios ambientales

Uno de los aspectos más importantes en la implementación de energía renovable, es la cuestión medioambiental. Con el empleo del sistema biodigestor-motogenerador se contribuye favorablemente a mejorar el ambiente, y las condiciones en las granjas y en sus alrededores. En la Figura 2, se aprecia la línea base, potencial de reducción de emisiones de dióxido de carbono equivalente por tamaño de granja, así como el potencial de reducción de emisiones por desplazamiento que se lograría en la generación de energía eléctrica por el motogenerador. Con la implementación de biodigestores tipo laguna en granjas porcinas tecnificadas, se estaría dejando de emitir en promedio por granja el 75 % del total de emisiones de la línea base por el quemado de metano. De acuerdo a Ngo et al. (2021), el tratamiento de una tonelada de desechos mediante la digestión Anaerobia puede resultar en una disminución de 0.143 toneladas de CO₂ equivalente.

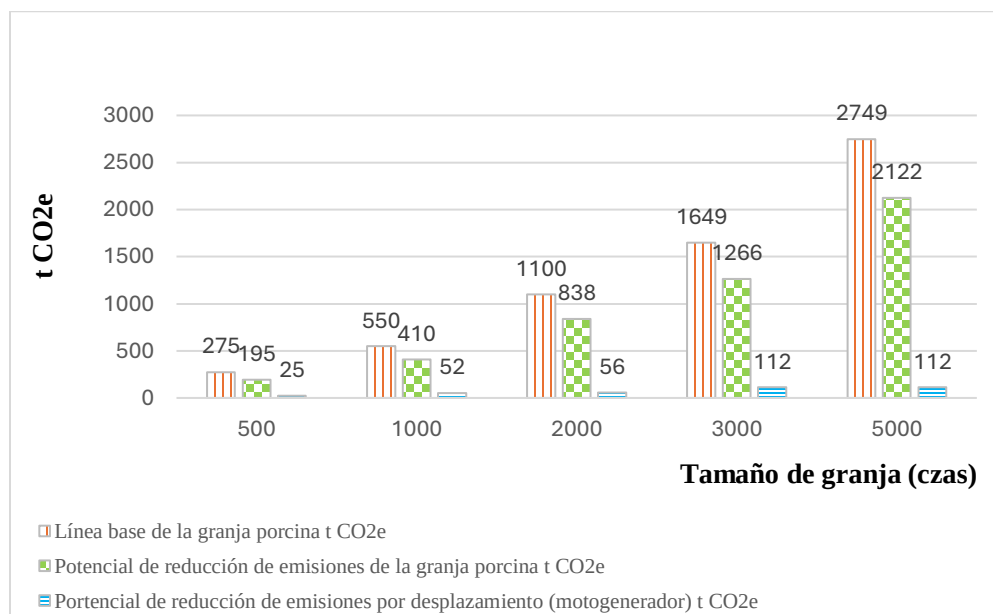


Figura 2. Línea base[∞], potencial de reducción de emisiones[∞] y potencial de reducción por desplazamiento del motogenerador para diferentes tamaños de granja porcina[£].

[∞]Fuente: Elaboración propia en base a la metodología “ACM0010” (UNFCCC, 2013).

[£]Fuente: Elaboración propia en base al factor de emisión para el sistema interconectado a la red eléctrica mexicana, que utiliza el Programa GEI México (SEMARNAT, 2014).

El potencial de reducción por desplazamiento con el uso de motogeneradores, dependerá de la cantidad de energía eléctrica generada, la cual estará en función del biogás disponible, de la

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

capacidad del motogenerador, un factor por derrateo y total de horas de operación. Un motogenerador de capacidad de 60 kW propuesto para granjas de 3000 y 5000 cerdos lograría desplazar la emisión de 112 t CO₂e año⁻¹, contemplando el factor de emisión para el sistema interconectado a la red eléctrica mexicana. Para el caso de establos lecheros el beneficio ambiental es evidente como se puede apreciar en la figura 3. Donde se reducen en promedio el 77 % de las emisiones de línea base con el quemado de metano. Por ejemplo, un establo de 3000 vacas emite 14,843 t CO₂e año⁻¹ y con la implementación de biodigestores tipo laguna solo emitiría 3,300 t CO₂e año⁻¹. Además, tendría una reducción indirecta de 307 t CO₂e año⁻¹ por el desplazamiento combustible de origen fósil que se emplea para generar electricidad, ya que la granja generaría la propia por medio de un motogenerador.

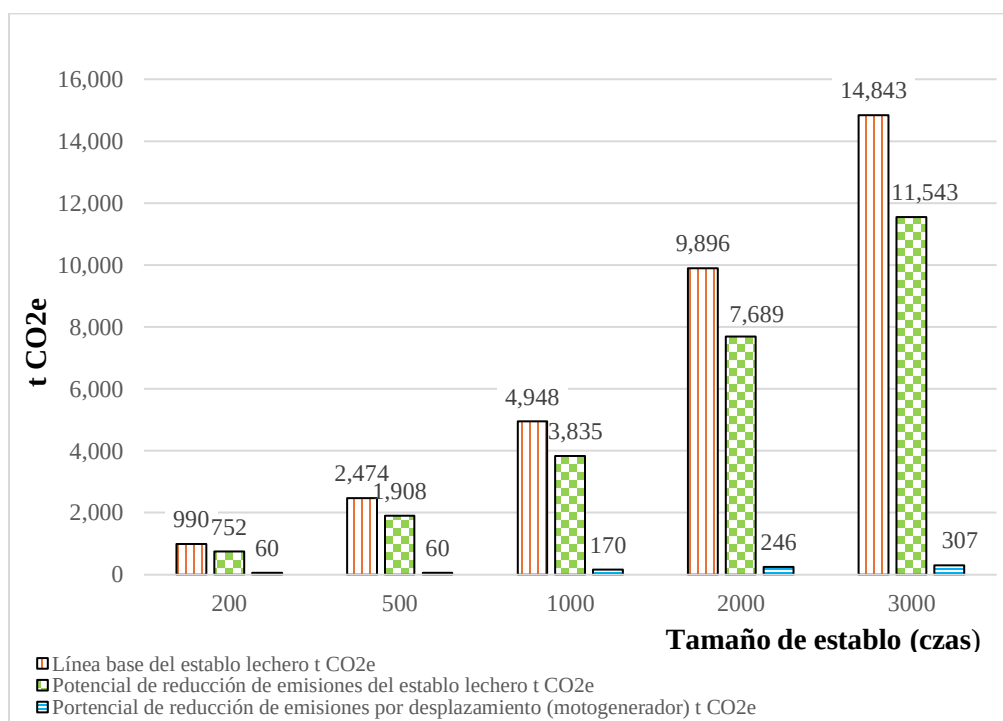


Figura 6. Línea base[∞], potencial de reducción de emisiones[∞] y potencial de reducción por desplazamiento del motogenerador para diferentes tamaños de establo lechero[£].

[∞]Fuente: Elaboración propia en base a la metodología “ACM0010” (UNFCCC, 2013).

[£]Fuente: Elaboración propia en base al factor de emisión para el sistema interconectado a la red eléctrica mexicana, que utiliza el Programa GEI México (SEMARNAT, 2014).

Beneficios económicos

Según Velásquez et al. (2019), las plantas de biogás en el sector agrícola son atractivas en varios países debido a la posibilidad de generar ingresos adicionales. Se han realizado en México algunos estudios económicos para evaluar la factibilidad financiera de motogeneradores operados con biogás para la generación de energía eléctrica. En dichos estudios se evaluaron motogeneradores con capacidad de 10, 30, 60 y 127 kWh. Estos motogeneradores han sido evaluados tanto para

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

establos lecheros como para granjas porcinas tecnificadas. En la tabla 1. Se presentan los diferentes estudios realizados en México donde se considera solo el motogenerador y el sistema (biodigestor-motogenerador), se presentan la capacidad del motogenerador y los indicadores financieros VAN, TIR y B/C. Todos los autores consideraron como ingreso la energía eléctrica generada por los motogeneradores (que es el ahorro del recibo por pago a la Comisión Federal de Electricidad), para realizar el análisis de factibilidad financiera.

Autores como Escalera et al. (2014) y SAGARPA (2007) consideraron además como ingreso los bonos de carbono. Por otra parte, Venegas et al. (2017), Venegas et al. (2019) y Venegas et al. (2023) no consideran ingresos por bonos de carbono, pero consideran un ingreso por venta de biofertilizante. Escalera et al. (2014) realizaron una evaluación financiera para motogeneradores con capacidad de 60 kWh en 35 granjas porcícolas en cinco estados de México: Jalisco, San Luis Potosí, Nuevo León, Sonora y Aguascalientes, sus resultados muestran indicadores financieros altos. También SAGARPA (2007) evaluaron solo motogenerador.

Venegas et al. (2017), Venegas et al. (2019) Venegas et al. (2023) y SAGARPA (2007) evaluaron sistema biodigestor-motogenerador y obtuvieron indicadores financieros más discretos.

Tabla 1. Diferentes estudios de viabilidad financiera para proyectos de generación de energía eléctrica por medio de biogás en México.

Sistema	Tipo de Agronegocio	Capacidad del Motogenerador	Lugar	VAN (\$)	TIR (%)	B/C	Autor
Motogenerador	Granjas porcinas	60 kWh	Jalisco, SLP, Nuevo León, Sonora y Aguascalientes.	151,193-2,365,730	23-155.8	3.07 – 10.19	Escalera et al. (2014)*
Motogenerador		60 kWh	Nacional	1,149,976	66.3	4.4	SAGARPA (2007)
Biodigestor-Motogenerador		60 kWh	Nacional	952,338	24.2	2.1	SAGARPA (2007)*
Biodigestor-Motogenerador		60 kWh	Nacional	195,612	14.7	1.5	SAGARPA (2007)
Biodigestor-Motogenerador	Granja Porcina	10 KWh	Puebla	36,959	13.35	1.67	Venegas et al. (2017)
Biodigestor-Motogenerador	Granja Porcina	30 kWh	Chiapas	233,644	17.0	1.15	Venegas et al. (2019)
Biodigestor-Motogenerador	Granja Porcina	60 kWh	Puebla	2,226,487	35.47	3.07	Venegas et al. (2017)
Biodigestor-Motogenerador	Establo Lechero	30 kWh	Nacional	146,178	12.81	1.06	Venegas et al. (2023)
Biodigestor-Motogenerador	Establo Lechero	60 kWh	Nacional	1,545,227	22.71	1.44	Venegas et al. (2023)
Biodigestor-Motogenerador	Establo Lechero	127 kWh	Nacional	5,044,585	37.16	2.09	Venegas et al. (2023)

Nota. *Considerando como ingreso los Bonos de carbono.

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA (2007), Venegas et al. (2017), Venegas et al (2019) y Venegas et al. (2023).

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Todos los motogeneradores evaluados por los distintos autores presentan indicadores financieros positivos, todos tienen un VAN mayor a cero, una TIR superior a la tasa de actualización y una relación B/C mayor a la unidad. Vera-Romero (2017) evaluaron la posibilidad de instalación de sistema biodigestor-motogenerador, con el biogás que se podría obtener de la actividad porcícola, lechera y avícola en las 12 regiones del estado de Jalisco, en todas las regiones su VAN resultó favorable, es decir, mayor a cero. La evaluación fue sin considerar bonos de carbono y considerándolos como ingresos. Para ambos escenarios y para todas las regiones obtuvieron VAN positivos. Calcularon un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de tres años sin considerar bonos de carbono.

Por otra parte, Vilas et al. (2023) indican que la inversión del sistema biodigestor-motogenerador se recupera en 7.9 años. Mientras que Venegas et al. (2023) señalan que la inversión sistema biodigestor-motogenerador en establos lecheros entre 200 y 3000 vacas se recupera entre 3 y 6 años, entre mayor es el establo menor es el tiempo de recuperación de la inversión. Con la implementación de sistemas de biogás para generar energía eléctrica (biodigestor-motogenerador), se obtienen grandes beneficios económicos. Uno de ellos es el ahorro por pago de energía eléctrica, las granjas porcinas pueden cubrir el 100 % de sus necesidades. Es importante destacar que los sistemas que se evaluaron pueden generar un ahorro de entre \$109,824 y \$494,208 por año lo que influye directamente en una reducción de los costos de producción relacionados al pago de energía eléctrica, de esta forma las granjas pueden ser más competitivas y mejorar su rentabilidad.

Vera et al. (2014) realizaron un estudio en la región Ciénega en el estado de Michoacán y señalan que, con la utilización de estiércol bovino y porcino para obtención de biogás y generación de energía eléctrica, se estaría realizando una aportación energética total del 4.23 % del consumo total de esa región. Es muy atractivo en relación al ahorro de la factura de la CFE.

Cuadro 1. Costos, ingresos y ganancia para diferentes tamaños de granjas porcinas tecnificadas en México (\$)

CONCEPTO	500	1000	2000	3000	5000
Costos	28,423	53,943	61,073	82,325	91,000
Mantenimiento del biodigestor	18,423	23,943	31,073	41,325	50,000
Mantenimiento del motogenerador	10,000	30,000	30,000	41,000	41,000
Ingresos	153,024	317,030	419,904	753,408	926,208
Ahorros consumo de Energía	109,824	230,630	247,104	494,208	494,208
Biofertilizante	43,200	86,400	172,800	259,200	432,000
Ganancia	124,601	263,087	358,831	671,083	835,208

Fuente: Elaboración propia.

Otra de las ventajas de estos sistemas es la generación de biofertilizante de muy buena calidad que puede comercializarse entre \$400 y \$1000 la tonelada en la zona centro de México. Para este análisis se consideró un precio de venta promedio de \$600 por tonelada. La generación de biofertilizante es desde 6 toneladas por mes para el sistema de 500 cerdos hasta las 60 toneladas

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

para el sistema de 5000 cerdos, por lo que representa un importante ingreso para las granjas. En el estado de Puebla los dueños de una granja de 5000 cerdos con sistema (biodigestor-motogenerador) en el municipio de Zacatepec intercambian su biofertilizante generado por granos con productores en el estado de Morelos, para dicha granja es una estrategia que le ha resultado con muchos beneficios económicos. Los sistemas (biodigestor-motogenerador), tienen grandes beneficios económicos ya que la ganancia oscilaría entre \$100,000 y \$850,000 por año para granjas porcinas en México.

Al igual que en las granjas porcinas, la generación de electricidad con motogeneradores operados con biogás en establos lecheros tecnificados en México, representa un importante ahorro en recibo de la CFE, dicho ahorro se contabiliza como un ingreso. Para los diferentes tamaños evaluados se tendría un ahorro entre los \$250,000 y \$1,100,00.

Cuadro 2. Costos, ingresos y ganancia para diferentes tamaños de establos lecheros tecnificados en México (\$).

Concepto	200	500	1000	2000	3000
Costos	64,414	72,991	108,663	116,899	125,134
Mantenimiento del biodigestor	28,591	37,168	59,705	67,941	76,176
Mantenimiento del Motogenerador	35,823	35,823	48,958	48,958	48,958
Ingresos	375,480	505,080	1,010,160	1,934,801	2,366,801
Ahorros Consumo de Energía	289,080	289,080	578,160	1,070,801	1,070,801
Biofertilizante	86,400	216,000	432,000	864,000	1,296,000
Ganancia	311,066	432,089	901,497	1,817,902	2,241,666

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera el biofertilizante generado en los biodigestores puede ser una fuente importante de ingresos que pueden favorecer en mejorar la rentabilidad de los establos lecheros. La ganancia que presentan los sistemas (biodigestor-motogenerador) son atractivas. La energía renovable puede representar una estrategia que pueden adoptar los dueños de establos lecheros para hacer más eficiente su actividad productiva. La generación de energía eléctrica por medio de biogás tiene beneficios sociales, económicos y ambientales y puede ayudar a que las granjas tecnificadas sean más competitivas. La adopción de sistema biodigestor-motogenerador se presenta como una estrategia viable, rentable y sustentable, alineando las necesidades energéticas con el cuidado ambiental en la actividad pecuaria en México (Venegas, 2023).

Conclusiones

México tiene experiencia en la generación de energía eléctrica con motogeneradores accionados con biogás desde el año 2006. La generación de biogás con biodigestores tipo laguna para granjas porcinas y establos lecheros tecnificados en México es una alternativa para la generación de energía limpia. La generación de biogás por medio de biodigestores tipo laguna y su quemado para generar energía eléctrica, trae beneficios ambientales porque el metano ya no fluye hacia la atmósfera.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Además, hay una reducción de combustibles de origen fósil utilizados para producir energía eléctrica comercial que antes era utilizada. Por otra parte, el agronegocio puede ahorrar más de 70 % por pago de energía eléctrica, lo que se traduce en reducir costos de producción, además puede obtener beneficios adicionales con la venta de biofertilizante y de esta forma mejorar la rentabilidad. Podemos concluir que el empleo del sistema biodigestor-motogenerador para generar energía eléctrica en establos lecheros y granjas porcinas tecnificadas es rentable en términos económicos, sociales y ambientales.

Referencias bibliográficas

- Arango, G. J. E., Sierra, V. F. E., Silva, L. V. (2014). Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás. *Tecnura*, 18(39), 152-164.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2019). *Evaluación e implementación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador*. Ciudad de México: ONU.
- Climate Trade. (2024). ¿Qué países son los mayores contaminadores de carbono del mundo? (Mayo 17, 2021). Consultado 28-08-2024 en <https://climatetrade.com/es/que-paises-son-los-mayores-contaminadores-de-carbonodelmundo/#:~:text=China%2C%20con%20m%C3%A1s%20de%2014,millones%20de%20toneladas%20de%20CO2>
- Díaz-Arias, A. A. (2022). Biogás: una fuente de energía para las generaciones futuras en la era post-petrolera. *Agroindustria, sociedad y ambiente*, 9(2), 104-122.
- Escalera, M. E., Gallegos, F. G. y Leal, V. J. C. (2014). Clean energy a cdm project option. *European Scientific Journal*, 10(15), 326-338, doi: <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n15p%25p>
- Estrada, G. C. A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 75-84.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Buenos Aires: FAO.
- Gould, J. P., y Lazear, E. P. (1994). *Teoría microeconómica* (3a Ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- International Energy Agency (IEA). (2019). *World Energy Outlook 2019*. France: CORLET.
- International Renewable Energy (IRENA). (2018). *Biogas for road vehicles: Technology brief*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2024). *Renewable energy statistics 2024*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Krugman, P., y Wells, R. (2006). *Introducción a la Economía: microeconomía*. Barcelona España: Reverté.
- Martí, H. J. (2019). *Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación*. Ecuador: Redbiolac.
- Ngo, T., Ball, A. S. y Shahsavari, E. (2021). The Current Status, Potential Benefits and Future Prospects of the Australian Biogas Sector. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 11, 14-32, doi: <https://doi.org/10.4236/jsbs.2021.111002>

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Nicholson, W., y Snyder, C. (2010). *Microeconomía intermedia y su aplicación*. México: CENGAGE Learning.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). UN DESA Policy Brief No. 153: India overtakes China as the world's most populous country (24 april, 2023). Consultado 28-08-2024 en <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-no-153-india-overtakes-china-as-the-worlds-most-populous-country/>

Samuelson, A. P., y Nordhaus, D. W. 2009. *Economía* (19a Ed.). Madrid, España: McGraw-Hill. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2007). Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario. *Claridades Agropecuarias*, 168, 3- 40.

Secretaría de Energía (SENER). (2012). *Prospectivas de Energías Renovables 2012- 2026*. México D. F.: SENER.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). *Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero*. México: SEMARNAT.

SEMARNAT e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2022). *México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019*. Ciudad de México: SEMARNAT e INECC.

Tovar, M. A. M. y Pazuña, N. W. P. (2023). Análisis de generación en sistemas de energía híbridos usando el biogás para suministro eléctrico. *Tesla Revista Científica*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e285>

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2013). *ACM0010 Large-scale Consolidated Methodology: GHG emission reductions from manure management systems V. 8.0*. (5th ed.). Bonn, Germany: UNFCCC.

United States Agency for International Development and International Renewable Resources Institute of México (USAID and IRRI). (2015). *Anaerobic Biodigester Technology in Methane Capture and Manure Management in Mexico: The History and Current Situation*. México: USAID and IRRI.

U. S. Energy Information Administration (EIA, 2021). World Energy Projection System 2021. (9 de abril de 2023). Consultado 17-05-2024 en https://www.eia.gov/outlooks/ieo/tables_side_xls.php

Venegas, J. A., Espejel. G. A., Pérez, F. A., Castellanos, J. A. y Sedano, C. G. (2017). Potencial de energía eléctrica y factibilidad financiera para biodigestor-motogenerador en granjas porcinas de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 735-740, doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.47>

Venegas, J. A., Aryal, D. R. y Pinto, R. R. (2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas. *Análisis Económico*, XXXIV(85), 169-187, doi: <https://10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2019v34n85/Venegas>

Venegas-Venegas, J. A., Pinto-Ruiz, R., Guevara-Hernández, F., Pérez-Fernández, A., Aryal, D. R., y Aguilar-Aguilar, F. A. (2023). Potencial de biogás, energía eléctrica, reducción de CO₂eq y rentabilidad de biodigestor-motogenerador para establos lecheros en México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33,(62), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1374> e231374

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Vera-Romero, I., Martínez-Reyes, J., Estrada-Jaramillo, M. y Ortiz-Soriano, A. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, XV(3), 429-436, doi: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70352-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70352-X)

Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., González-Vera, C., Tejeda-Jiménez, M., López-Andrade, X. y Ortiz-Soriano, A. (2017). Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el estado de Jalisco, México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVIII(3), 307- 320, doi: <https://10.22201/fi.25940732e.2017.18n3.027>

Vilas, T. F., Barros. R. M., Pinto, J. A., Silva, I. F., Silva, E. E., Vieira, A. R., Tiago, G. L., Arruda, A. K. y De Oliveira, M. G. (2023). Energy potential from the generation of biogas from anaerobic digestion of olive oil extraction wastes in Brazil. *Cleaner Waste Systems*, 4(2023), 100083. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100083>

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura de riego

Jonathan Hernández Pérez¹, Thalía Ximena Tapia García¹

Resumen

El riego juega un papel importante para elevar los rendimientos de los cultivos, pero también afecta las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El presente trabajo tiene como objetivo determinar la relación que tiene la superficie de riego en las emisiones de GEI totales y en las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en agricultura, utilizando un análisis de panel de datos a tres grupos de países. Los resultados fueron que la proporción de tierras agrícolas de regadío incrementan 0.014% las emisiones de GEI totales y 0.015% las emisiones de metano provenientes de la agricultura, ambas con 1% de significancia. Las tierras agrícolas de riego representan una fuente de emisiones de GEI totales y relacionadas directamente con las emisiones de metano en la agricultura. El uso de sistemas de riego más eficientes puede contribuir a mitigar las emisiones, a reducir la huella hídrica y hacia una agricultura sostenible.

Palabras clave: tierras agrícolas de regadío, energía renovable, metano, óxido nitroso, panel

Abstract

Irrigation plays an important role in increasing crop yields, but it also affects greenhouse gas (GHG) emissions. This work aims to determine the relationship that irrigated land has on total GHG emissions and on methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions in agriculture, using a panel data analysis for three groups of countries. The results were that the proportion of irrigated agricultural land increases total GHG emissions by 0.014% and methane emissions from agriculture by 0.015%, both with 1% significance. Irrigated agricultural land represents a source of total GHG emissions and is directly related to methane emissions in agriculture. The use of more efficient irrigation systems can contribute to mitigating emissions, reducing the water footprint and towards sustainable agriculture.

Keywords: irrigated farmland, renewable energy, methane, nitrous oxide, panel

Introducción

El incremento en la demanda de alimentos a nivel mundial trae como consecuencia la necesidad de incrementar la producción en la agricultura, además, se producen alimentos directos e insumos para la ganadería y para la agroindustria. En este sentido, una mayor producción requiere mayor cantidad de insumos, por ejemplo, fertilizantes, energía y agua. El mayor consumo de estos insumos conduce inevitablemente a una mayor emisión de gases de efectos invernadero (GEI).

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.
jonahdezp@gmail.com, tapia.ga28@gmail.com

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

El riego juega un papel importante para elevar los rendimientos de los cultivos, pero también afecta las emisiones de GEI (Trost et al. 2013). La producción agrícola aporta entre el 20% y el 35% de los GEI antropogénicos mundiales (Fan et al. 2020). En las emisiones totales de la agricultura, el metano (CH_4) representa el 55% y el óxido nitroso (N_2O) con 45% (Banco Mundial, 2020). El 44% de las emisiones de la agricultura provienen de Asia, el 17% de América Latina y el Caribe, 15% de África, 12% de Europa, 8% de Norte América y 4% de Oceanía (FAO, 2020). La agricultura mundial es la cuarta causa de emisiones de GEI, sobre todo, N_2O y el CH_4 que son 265 y 28 veces más potentes que el CO_2 . En México, la agricultura es la tercera causa de emisiones de GEI con el 12% del total de emisiones a nivel nacional (Saynes et al. 2016). Las prácticas de riego aumentan las emisiones de GEI, sin embargo, producir con riego utilizando menos tierras agrícolas puede ayudar a reducir estas emisiones (Gultekin et al. 2023). En 2018, el 21.56% de la superficie de las tierras de cultivo en el mundo, estaba equipada para el riego (FAO, 2020) y el 80% de la superficie regada es con el método por gravedad superficial, por surcos o inundaciones (Santos et al. 2010). En consecuencia, modernizar los sistemas de riego pueden contribuir a un mayor ahorro de agua y a una menor emisión de GEI, además aumentan la productividad y rentabilidad del agua.

La utilización de riego en la agricultura se hace con la finalidad de incrementar el rendimiento en los cultivos, es decir, se espera mayor rendimiento comparado a los de temporal, pero esta interacción entre uso de la tierra, agua y energía, son los principales factores que afectan las emisiones de GEI (Fan et al. 2020). La agricultura produce diversos gases con alto potencial de calentamiento, como el CH_4 y el N_2O . La emisión de CH_4 en la agricultura se deriva de las tierras inundadas, así como los cultivos de arroz. El CH_4 es producido por uno microorganismo en el suelo regado y este sale por los tallos de los cultivos. Las emisiones de N_2O es relacionada al uso de fertilizantes y al uso de fertilizantes de desechos vegetales y animales, así como la aplicación de estiércol en los suelos cultivables (González & Carlsson, 2007).

En Suecia el 75% de las emisiones de CH_4 y un 50% de las emisiones de N_2O son debidos a la agricultura que causan la pérdida de biodiversidad (Engström et al. 2007). En Uruguay se estima que el 90% del CH_4 total proviene del sector agropecuario, debido a que el arroz es el principal cultivo irrigado (Capurro et al. 2015). Los efectos del riego agrícola dependen del tipo de cultivo, rotación de cultivos, del sistema de producción. Por ejemplo, se evaluaron los sistemas de labranza convencional y cultivo sin labranza en un sitio de secano y uno de riego, encontraron que la agricultura de riego incrementa los niveles del potencial de calentamiento global (Mosier et al. 2005) y de las emisiones de N_2O (Trost et al. 2013). El riego promueve mayores consumos de energía eléctrica, diésel y otros insumos agrícolas, con énfasis en los fertilizantes nitrogenados sintéticos, que son uno de los principales contribuyentes a las emisiones de GEI (Fan et al. 2020). La irrigación después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, típicamente causan grandes pulsos de GEI (Friedl et al. 2016). Las emisiones de GEI pueden variar dependiendo de la fuente del agua, ya sea subterránea o superficial, debido al uso de energía para la extracción y distribución. Se ha considerado al riego con aguas subterráneas como fuente de las emisiones cuando la energía para la extracción es de combustibles fósiles y en menor medida cuando es gas natural, energía eléctrica o energías alternativas. El riego contribuye a las emisiones de GEI en 45% más que en un sistema de secano. Si se usan combustibles fósiles al extraer el agua subterránea, las emisiones se

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

incrementan 9%. Además, las emisiones de GEI son mayores si el riego se realiza en un año de sequía comparado al riego en un año normal o promedio (McGill et al. 2018). En 2012, las emisiones de (CO₂eq) proveniente de CH₄ y N₂O de la energía para riego por bombeo en el mundo fueron 2,511.2 Gg y 197.9 Gg respectivamente (FAO, 2020). Sin embargo, no se especifica qué tipo de energía se utilizó para esta actividad, ni el tipo de fuente. Si las extracciones fueran con energías alternativas las emisiones serían cercanas a cero (West & Marland, 2002). La mayoría de los trabajos que se han escrito son a nivel parcela, es decir, miden los efectos del riego en las emisiones sobre una parcela experimental. La falta de trabajos a nivel agregado podría deberse la falta de información específica por país y para varios años. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la relación entre la superficie de riego y las emisiones de GEI totales en la agricultura, para un grupo de países, mediante un análisis panel.

Materiales y métodos

Un conjunto de datos de panel es una combinación de una dimensión de corte transversal y una serie de tiempo. Poseen ventajas ya que brindan gran cantidad de datos que aumentan los grados de libertad, lo que reduce la colinealidad entre las variables explicativas y mejora la eficiencia de los estimadores (Hsiao, 2003). Los datos de panel sugieren que los individuos, las empresas, los estados o los países son heterogéneos. Los estudios de series de tiempo y de corte transversal que no controlan esta heterogeneidad corren el riesgo de obtener resultados sesgados (Baltagi, 2005).

El modelo de panel general (Wooldridge, 2001; Hsiao, 2003; Baltagi, 2005) es el siguiente:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (1)$$

$$u_{it} = \mu_i + e_{it} \quad (2)$$

$$\forall i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (3)$$

Donde y_{it} es la variable independiente ($\ln GEI$) y las X_{it} las variables explicativas ($RIEGO$, ER y $\ln PIB$). La u_{it} es el error compuesto por un error de corte transversal μ_i , un error idiosincrático o de series de tiempo y otros errores puramente aleatorios e_{it} . La i se refiere al país y t al tiempo, que va de 2003-2012. En el primer grupo se incluyeron los 26 países (países del segundo y tercer grupo). En el segundo grupo se incluyeron los 13 países con mayor proporción de tierras agrícolas de regadío, estos países fueron: Azerbaiyán, Chipre, Dinamarca, Ecuador, España, Grecia, India, Japón, Jordania, Kirguistán, Pakistán, República Dominicana y Turquía. En el tercer grupo se incluyeron los 13 países con menor proporción de tierras agrícolas de regadío, estos países fueron: Afganistán, Argelia, Australia, Belarús, El Salvador, Eslovenia, Etiopía, Hungría, México, República Checa, República Eslovaca, Rumania y Túnez. En el modelo pool se considera que no hay efectos en el error de cada país μ_i , es decir, es igual a cero; en el modelo efectos fijos μ_i es fijo en el tiempo y solo varía para cada país; y en el modelo de efectos aleatorios μ_i es aleatorio o diferente en el tiempo y fijo para cada país. En consecuencia, el modelo pool (3), efectos fijos (4) y efectos aleatorios (5) se presentan a continuación.

$$\ln GEI_{it} = \alpha_0 + \beta_1 RIEGO + \beta_2 ER + \beta_3 \ln PIB + e_{it} \quad (3)$$

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

$$\ln GEI_{it} = \beta_1 RIEGO + \beta_2 ER + \beta_3 \ln PIB + \mu_i + e_{it} \quad (4)$$

$$\ln GEI_{it} = \alpha_0 + \beta_1 RIEGO + \beta_2 ER + \beta_3 \ln PIB + \mu_i + e_{it} \quad (5)$$

Donde:

lnGEI: Es el logaritmo natural de “las emisiones totales de gases de efecto invernadero en Kilotoneladas de CO₂ equivalente se componen de los totales de CO₂ excluyendo la quema de biomasa de ciclo corto (como la quema de desechos agrícolas y la quema de pastizales) pero incluida la quema de otra biomasa (como incendios forestales, descomposición posterior a la quema, incendios de turba y descomposición de turberas drenadas), todas las fuentes antropogénicas de CH₄, N₂O y gases fluorados (HFC, PFC y SF₆)” (Banco Mundial, 2020).

RIEGO: Es la proporción de tierras agrícolas de regadío, es decir, las zonas agrícolas a las que se provee agua en forma deliberada, incluidas las tierras irrigadas mediante inundaciones controladas (Banco Mundial, 2020).

ER: Es la participación de la energía renovable en el consumo total de energía final. Fuente renovables como energía hidroeléctrica, eólica, solar y geotérmica (Banco Mundial, 2020).

lnPIB: Es el logaritmo natural del “PIB per cápita por paridad del poder adquisitivo (PPA). Es el producto interno bruto convertido a dólares internacionales utilizando las tasas de paridad del poder adquisitivo. Un dólar internacional tiene el mismo poder adquisitivo sobre el PIB que el que posee el dólar de los Estados Unidos en ese país. El PIB a precio de comprador es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en dólares internacionales a precios constantes de 2011” (Banco Mundial, 2020). Se realizó un segundo análisis con modelos de efectos fijos a un grupo de 24 países, de 2001-2008, utilizando como variables dependientes *lnCH4agri* las emisiones agrícolas de gas metano (miles de toneladas métricas de equivalente de CO₂) y *lnN2Oagri* las emisiones agrícolas de óxido nitroso (miles de toneladas métricas de equivalente de CO₂). Como variables independientes, *RIEGO* la proporción de tierras agrícolas de regadío, *ER* la participación de la energía renovable en el consumo total de energía final y *lnPIBagri* el valor agregado de la agricultura (US\$ a precios constantes de 2010). Los modelos fueron los siguientes:

$$\ln \widehat{CH4agri}_{it} = \alpha_0 + \beta_1 RIEGO + \beta_2 ER + \beta_3 \ln PIBagri + \sigma u_{t-1} \quad (6)$$

$$\ln \widehat{N2Oagri}_{it} = \alpha_0 + \beta_1 RIEGO + \beta_2 ER + \beta_3 \ln PIBagri + \sigma u_{t-1} \quad (7)$$

Los 24 países fueron: Afganistán, Australia, Azerbaiyán, Belarús, Chipre, Dinamarca, Eslovenia, España, Etiopía, Federación de Rusia, India, Japón, Jordania, Kenya, Kirguistán, Madagascar, México, Nepal, Pakistán, República de Moldova, República Dominicana, República Eslovaca, Rumania y Túnez. Una de las limitantes fueron los datos. En la variable de proporción de tierras agrícolas de regadío hay poca disponibilidad de datos de los países y en los años, así como el de

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

las emisiones agrícolas solo hasta 2008 y de las totales hasta 2012. Entonces, la selección de los países y el periodo fue con base en la disponibilidad de la información.

Resultados y discusión

Se realizó un análisis de panel a tres grupos de países, el primero con 26 países, el segundo de 13 países con mayor proporción de tierras de riego y el tercero de 13 países con menor proporción de tierras de riego en la agricultura. Los tres grupos se estimaron como un modelo pool, con efectos fijos y con efectos aleatorios. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados de la estimación con datos panel

	26 países			13 países de >%riego			13 países de <%riego		
	Pool	E. Fijos	E. Aleatorios	Pool	E. Fijos	E. Aleatorios	Pool	E. Fijos	E. Aleatorios
RIEGO	0.038 ***	0.019 ***	0.020 ***	0.053 ***	0.013 ***	0.014 ***	0.075	0.021 **	0.021 **
ER	0.032 ***	-0.008 ***	-0.008 ***	0.055 ***	-0.022 ***	-0.022 ***	0.023 **	-0.006 ***	-0.006 ***
lnPIB	0.745 ***	0.231 ***	0.230 ***	0.813 ***	0.255 ***	0.253 ***	0.796 ***	0.156 ***	0.159 ***
Constante	3.450 ***		9.240 ***	1.878		9.255 ***	3.324		9.960 ***
F-estadist.	26.382 ***	51.129 ***	154.012 ***	28.924	86.460 ***	248.743 ***	7.390 ***	12.111 ***	37.370 ***
R-cuadrada	0.236	0.399	0.376	0.408	0.695	0.664	0.149	0.242	0.229
Obs.	260	260	260	130	130	130	130	130	130

FUENTE: Elaboración propia con salida de la estimación y datos del Banco Mundial (2020).

Nota: * 10%, ** 5% y *** 1% de significancia. Variable dependiente: lnGEI.

El F test se refiere al contraste entre el modelo pool versus el de efectos fijos y el Hausman test, el modelo de efectos fijos versus el de efectos aleatorios. La primera prueba indica que el modelo efectos fijos es consistente al modelo pool y la segunda prueba que el modelo efectos aleatorios es consistente al modelo de efectos fijos (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Pruebas para elegir el modelo adecuado

	26 países	13 países de >%riego	13 países de <%riego
F test	4074.5 ***	6978.6 ***	3180.5 ***
Hausman test	0.150	6.945 *	0.215

FUENTE: Elaboración propia con salida de la estimación y datos del Banco Mundial (2020).

Nota: * 10%, ** 5% y *** 1% de significancia.

En el primer grupo, las pruebas del Cuadro 2 indicaron que el modelo de efectos fijos es el adecuado. En este modelo la variable RIEGO resultó positiva y significativa al 1% con un coeficiente de 0.019; es decir, que ante un incremento del 1% en las tierras agrícolas de riego, las emisiones de GEI totales aumentan 0.019% kt de equivalente de CO₂. La variable ER resultó negativa y significativa al 1%; es decir, ante un incremento del 1% en el consumo de energías renovables, las emisiones se reducen en 0.008%. La variable lnPIB resultó positiva y significativa al 1%; es decir, que ante un incremento del 1% en el PIB per cápita, las emisiones aumentan en 0.231% (**Cuadro 1**). En el segundo grupo, las pruebas del Cuadro 2 indicaron que el modelo de efectos aleatorios es el adecuado. La interpretación es que, ante un incremento del 1% en la

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

superficie de riego, las emisiones se incrementan en 0.014%; ante un incremento en el consumo de energías renovables, las emisiones se reducen 0.022%; y ante un incremento del PIB per cápita, las emisiones se incrementan 0.253% (**Cuadro 1**). Para el tercer grupo de países, las pruebas del Cuadro 2 indicaron que el modelo de efectos fijos es el adecuado. Esto son indica que, al incrementarse en 1% la superficie de riego, las emisiones aumentan 0.021%; al aumentar 1% el consumo de energías renovables, las emisiones se reducen en 0.006%; y ante un incremento del 1% en el PIB per cápita, las emisiones aumentan 0.156% (**Cuadro 1**).

Cuadro 3. Pruebas de dependencia transversal y correlación serial

	26 países (E. Fijos)	13 países de >%riego (E. Aleatorios)	13 países de >%riego (E. Fijos)
Breusch-Pagan LM test	1191 ***	148.41 ***	236.39 ***
Pesaran CD test	-0.664	0.576	0.199
Breusch-Godfrey/Wooldridge test	67.908 ***	34.199 ***	66.749 ***

FUENTE: Elaboración propia con salida de la estimación y datos del Banco Mundial (2020).

Nota: * 10%, ** 5% y *** 1% de significancia.

Se aplicaron las pruebas Breusch-Pagan LM y Pesaran CD para comprobar la existencia de dependencia transversal en paneles y Breusch-Godfrey/Wooldridge para comprobar la existencia de correlación serial en modelos de panel. Las primeras dos pruebas indicaron que no hay dependencia de sección cruzada o transversal para los tres modelos, pero si presentaron problemas de correlación serial (**Cuadro 3**). El problema de correlación se corrigió rezagando el error un periodo y se obtuvieron los estimadores mediante efectos fijos. Este proceso puede resolver el problema de correlación serial (Wooldridge, 2001). Las emisiones de GEI totales varían de manera positiva en 0.014% cuando aumenta la proporción de las tierras agrícolas de riego 1%; disminuyen 0.008% cuando aumenta la proporción del consumo de energías renovables; y aumentan 0.242%, cuando aumenta el PIB per cápita (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Parámetros estimados de las emisiones de GEI totales.

	26 países	13 países de >%riego	13 países de <%riego
Constante	9.192 ***	8.932 ***	10.334 ***
RIEGO	0.014 ***	0.012***	0.013
ER	-0.008 ***	-0.022 ***	-0.006 ***
lnPIB	0.242 ***	0.292 ***	0.121 **
u(t-1)	0.651 ***	0.618 ***	0.535 ***
R-cuadrada	0.598	0.801	0.409
F	6866.847	14253.43	3311.288
N	234	117	117
CD Pasaran	1.587	1.914	0.792
DW	2.312	1.943	2.336

FUENTE: Elaboración propia con salida de la estimación y datos del Banco Mundial (2020).

Nota: * 10%, ** 5% y *** 1% de significancia.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Emissiones de metano y óxido nitroso en la agricultura

Un segundo análisis mediante el método de efectos fijos y rezagando el error un año, en el que las variables independientes fueron las emisiones en la agricultura de CH₄ y N₂O, de las ecuaciones (4) y (5) para 24 países de 2001-2008. Los resultados se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. Parámetros estimados de las emisiones de CH₄ y N₂O en la agricultura

	lnCH ₄ agri	lnN ₂ Oagri
Constante	6.145 ***	2.954 ***
RIEGO	0.015 ***	0.007
ER	-0.0003	-0.0021
lnPIBagri	0.121 ***	0.244 ***
u _(t-1)	0.792 ***	0.273 ***
R-cuadrada	0.565	0.311
F(27, 140)	10,595.8	6,297.0
N(24,7)	168	168
CD Pesaran	-0.901	-0.693
DW	1.833	1.849

FUENTE: Elaboración propia con salida de la estimación y datos del Banco Mundial (2020).

Nota: * 10%, ** 5% y *** 1% de significancia.

Las tierras agrícolas de riego resultaron significativas para las emisiones de CH₄ en la agricultura, sin embargo, no fue significativa en las emisiones de N₂O, por lo tanto, las tierras agrícolas de riego están más relacionadas con las emisiones de CH₄ en la agricultura. En cuanto a la proporción del consumo de energías renovables, no fueron significativas en la reducción de las emisiones de CH₄ y N₂O en la agricultura, esto podría deberse al poco uso de energías alternativas en la agricultura. El PIB de la agricultura está directamente relacionado con las emisiones de CH₄ y N₂O en la agricultura, es decir, a mayor producción en la agricultura, mayor emisión de N₂O y de CH₄.

A pesar de que a veces las emisiones de GEI debidas al riego en la agricultura se compensan con el incremento en el rendimiento y en la captura de carbono (Trost et al. 2016). Estos efectos se pueden mejorar con agricultura de labranza mínima y niveles adecuados de fertilizantes (Mosier et al. 2006). Adoptar mejores tecnologías para la nutrición de suelos, tecnología del riego y tecnologías bajas en carbono podrían reducirse las emisiones de GEI (Fan et al. 2020). Además, el riego de precisión puede contribuir a reducir las emisiones en condiciones de calentamiento global en zonas semiáridas (Li et al. 2019). Así como el riego por goteo y una fertilización media pueden reducir las emisiones de N₂O (Li et al. 2020), pueden reducir las emisiones de N₂O en 80% comparado al riego por aspersión (Sanz-Cobena et al. 2016). Asimismo, los sistemas de riego altamente eficientes, como el riego por goteo, permiten ganancias de producción con menor impacto (Cardozo et al. 2016). El riego por goteo con mantillo obtiene altos rendimientos, es rentable, conserva el agua y produce la menor cantidad de GEI integrados (Ye et al. 2019).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Lo anterior está relacionado al contenido de humedad en el suelo, pues hay estudios que comprueban el aumento de los niveles de humedad del suelo mejora la actividad microbiana y facilita los procesos de nitrificación y desnitrificación microbiana, lo que conduce directamente a un aumento de las emisiones de GEI, en consecuencia, la eficiencia de riego puede mitigar estas emisiones (Wang et al. 2024).

Conclusiones

Las tierras agrícolas de riego representan una fuente de emisiones de GEI totales, relacionadas directamente con las emisiones de CH₄ en la agricultura. Por lo tanto, es necesario incrementar el uso de sistemas de riego más eficientes, tomando en cuenta el balance entre beneficios y costos al medio ambiente. El consumo de energía renovable puede contribuir a mitigar el aumento de las emisiones totales, lo que sugiere que se debe sustituir a las energías fósiles por un mayor consumo de energías renovables en la agricultura, para reducir las emisiones en este sector. El ingreso per cápita contribuye a una mayor emisión de GEI totales, así como la producción agrícola, en las emisiones de N₂O y CH₄. En consecuencia, la agricultura tiene el reto de producir con menos impactos ambientales y de una manera más sostenible.

Referencias bibliográficas

- Baltagi, B. H. (2005). *Econometrics analysis of panel data*. West Sussex, UK: John Wiley y Sons.
- Banco Mundial (2020). Datos de libre acceso del Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador>
- Capurro Ma. Cristina, Silvana Tarlera, Pilar Irisarri, Guillermina Cantou, Sara Riccetto, Ana Fernández & Álvaro Roel (2015). Cuantificación de emisiones de metano y óxido nitroso bajo dos manejos del riego contrastantes en el cultivo de arroz. Serie Técnica N° 220, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
- Cardozo Nilceu Piffer, de Oliveira Bordonal Ricardo & La Scala Jr Newton (2016). Greenhouse gas emission estimate in sugarcane irrigation in Brazil: is it possible to reduce it, and still increase crop yield?. *Journal of cleaner production*. 112: 3988-3997. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.040>
- Engström, R., Wadeskog, A. y Finnveden, G. (2007). Environmental assessment of Swedish agriculture. *Ecological economics*. 60 (3): 550-563. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.12.013>
- Fan Xing, Zhang Wen, Chen Weiwei & Chen Bin (2020). Land–water–energy nexus in agricultural management for greenhouse gas mitigation. *Applied energy*. 265: 114796. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114796>
- FAO (2020). Indicadores específicos. <http://www.fao.org/faostat/>
- Friedl Johannes, Clemens Scheer, David W. Rowlings, Heather V. McIntosh, Alice Strazzabosco, Daniel I. Warner, Peter R. Grace (2016). Denitrification losses from an intensively managed sub-tropical pasture – Impact of soil moisture on the partitioning of N₂ and N₂O emissions. *Soil Biology and Biochemistry*. 92: 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.016>

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- Gonzalez Alejandro D. & Carlsson-Kanyama Annika (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 11: 7-14. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90830>
- Rohat Gultekin, Kadri Avağ, Ceren Görgişen, Ödül Öztürk, Tuğba Yeter, Pınar Bahçeci Alsan (2023). Effect of deficit irrigation practices on greenhouse gas emissions in drip irrigation. *Scientia Horticulturae*. 310:111757. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111757>.
- Hsiao Cheng (2003). Analysis of panel data. Cambridge University Press.
- Li Changjian, Yunwu Xiong, Quanzhong Huang, Xu Xu & Guanhua Huang (2020). Impact of irrigation and fertilization regimes on greenhouse gas emissions from soil of mulching cultivated maize (*Zea mays* L.) field in the upper reaches of Yellow River, China. *Journal of cleaner production*. 259: 120873. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120873>
- Li Jiazhen, Wenxu Dong, Oene Oenema, Tuo Chen, Chunsheng Hu, Haijing Yuan & Liying Zhao (2019). Irrigation reduces the negative effect of global warming on winter wheat yield and greenhouse gas intensity. *Science of the total environment*. 646: 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.296>
- McGill Bonnie M., Hamilton Stephen K., Millar Neville & Robertson G. Philip (2018). The greenhouse gas cost of agricultural intensification with groundwater irrigation in a Midwest U.S. row cropping system. *Global change biology*. 24(12): 5948-5960. <https://doi.org/10.1111/gcb.14472>
- Mosier Arvin R., Halvorson A.D., Peterson G.A., Robertson G.P. & Sherrod L. (2005). Measurement of net global warming potential in three agroecosystems. *Nutrient cycling in agroecosystems*. 72: 67-76. <https://doi.org/10.1007/s10705-004-7356-0>
- Mosier Arvin R., Halvorson Ardell D., Reule Curtis A. & Liu Xuejun J.(2006). Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. *Journal of environmental quality*. 35(4): 1584-1598. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0232>
- Trost Benjamin, Prochnow Annette, Meyer-Aurich Andreas, Drastig Katrin, Baumecker Michael & Ellmer Frank (2016). Effects of irrigation and nitrogen fertilization on the greenhouse gas emissions of a cropping system on a sandy soil in northeast Germany. *European journal of agronomy*. 81: 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.008>
- Trost Benjamin, Prochnow Annette, Drastig Katrin, Meyer-Aurich Andreas, Ellmer Frank & Baumecker Michael (2013). Irrigation, soil organic carbon and N₂O emissions. A review. *Agronomy for sustainable development*. 33: 733–749. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0134-0>
- Santos Pereira L., de Juan Valero J.A., Picornell Buendía M.R. & Tarjuelo Martín-Beneito J.M. (2010). El riego y sus tecnologías. CREA-UCLM; España. http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
- Sanz-Cobena A., Lassaletta L., Aguilera E., del Prado A., Garniere J., Billen G... Smith P. (2016). Strategies for greenhouse gas emissions mitigation in Mediterranean agriculture: A review. *Agriculture, ecosystems and environment*. 238: 5-24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.038>

**13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y
Agronómicas**

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

- Saynes Santillán, V., J. D. Etchevers Barra, F. Paz Pellat y L. O. Alvarado Cárdenas (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*. 34: 83-96.
- Wang Kechun, Junzeng Xu, Qi Wei, Peng Chen, Zhihui Min, Haiyu Wang (2024). The potential for mitigating greenhouse gas emissions and minimizing yield losses using the negative pressure irrigation system. *Scientia Horticulturae*. 324: 112621. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112621>.
- Wooldridge Jeffrey M. (2001). *Econometric analysis of cross section and panel data*-The MIT Press.
- Ye Xuhong, Hongdou Liu, Xichao Zhang, Jianhui Ma, Bing Han, Wen Li, Hongtao Zou, Yulong Zhang & Xiangui Lin (2019). Impacts of irrigation methods on greenhouse gas emissions/absorptions from vegetable soils. *Journal of soils and sediments*. 20: 723–733. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02422-3>

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Modelo matemático de evaluación del uso de caña de azúcar en la alimentación de bovinos

Jorge Vázquez Ronquillo¹, Ma. Teresa Kido Cruz², Amada Isabel Osorio Terán³, Eréndira Munguía Villanueva⁴

Resumen

La ganadería bovina que se desarrolla en el sur del país se caracteriza por ser extensiva, donde la principal fuente de alimentación es el pastoreo. Sin embargo, en épocas de secas, el alimento escasea y los productores se ven motivados a complementar la alimentación con subproductos que provienen de la agricultura. En Loma Bonita, uno de los subproductos más utilizados ha sido los residuos de caña de azúcar, en la literatura se han encontrado diversos estudios que evalúan el impacto de la caña de azúcar en los factores de producción, por lo que esta investigación se propone generar un modelo matemático que prediga el efecto en los principales factores productivos, así como evaluar la rentabilidad de su uso. Los resultados preliminares muestran la factibilidad de la creación del modelo en función de las principales variables de producción y económicas que se han propuesto para el estudio.

Palabras clave: modelo matemático, bovinos, caña de azúcar

Abstract

Cattle ranching in the south of the country is characterized by being extensive, where the main source of food is grazing. However, in dry seasons, food is scarce and producers are motivated to supplement their diet with by-products from agriculture. In Loma Bonita, one of the most commonly used by-products has been sugar cane waste. Various studies have been found in the literature that evaluate the impact of sugar cane on production factors, so this research aims to generate a mathematical model that predicts the effect on the main production factors as well as evaluate the profitability of its use. The preliminary results show the feasibility of creating the model based on the main production and economic variables that have been proposed for the study.

Keywords: mathematical model, cattle, sugar cane

¹ Universidad del Papaloapan, Posgrado en Producción y Procesamiento Pecuario. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68403, MÉXICO. Correo: jv463198@gmail.com

² Universidad del Papaloapan, Posgrado en Producción y Procesamiento Pecuario. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68403, MÉXICO. Correo: terekido@hotmail.com

³ Universidad del Papaloapan, Posgrado en Producción y Procesamiento Pecuario. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68403, MÉXICO. Correo: chavbelita@gmail.com

⁴ Universidad del Papaloapan, Posgrado en Producción y Procesamiento Pecuario. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68403, MÉXICO. Correo: erendira.munguia@gmail.com

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Introducción

La cuenca del Papaloapan en México comprende municipios de tres estados; Puebla, Oaxaca y Veracruz. En esta región la ganadería bovina predominante es la de doble propósito, esta se desenvuelve bajo un sistema de pastoreo de tipo extensivo y es una de las principales actividades productivas del sector agropecuario para la producción de carne y leche (Kido-Cruz, et al., 2022). Específicamente, en el estado de Oaxaca se cuenta con una vocación ganadera; del total superficie rural 2.9 millones de hectáreas (ha) se dedican a la actividad pecuaria, lo que representa el 31.3% de uso de suelo rural, convirtiéndose así en la segunda actividad agropecuaria más importante del estado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2022).

A pesar de su importancia económica y social, la ganadería bovina presenta diversas problemáticas relacionadas con la nutrición del animal, dentro de las cuales se encuentran: escasez de alimento, forrajes de baja calidad nutritiva, altos costos de alimentos, concentrados y suplementos Osorio-Giraldo *et al.*, (2024). Al respecto, Orantes *et al.* (2014) mencionan que la estacionalidad de los forrajes en las épocas de sequía afecta de manera rotunda sobre el peso corporal de los animales y el valor comercial de la leche y carne. Por otra parte, en relación a los costos, un estudio reciente en la zona de estudio demostró que cerca del 40% de los costos operativos variables se destinan a la alimentación, además de que el precio de insumos como alimento comercial y productos veterinarios ha incrementado el doble de lo que aumentó el precio de los principales productos pecuarios; ganado en pie y leche (Quintero *et al.*, 2017). Sin embargo, la problemática no se circunscribe sólo a los factores económicos y productivos sino también tiene un efecto ambiental. Autores como Huerta *et al.* (2018) y Carrillo-Hernández *et al.* (2021) aseguran que los sistemas ganaderos representan fuentes de emisión de gases de efecto invernadero valoradas hasta en un 25% en lo que se refiere a la producción animal y llega a alcanzar hasta un 75% si se trata de ganado vacuno de producción láctea.

Con el objeto de contrarrestar parte de esta problemática; algunos productores han utilizado como estrategia de alimentación, el uso de subproductos agrícolas los cuales son más costeados y con buenos efectos en el comportamiento productivo de los bovinos. El uso de subproductos agrícolas en la alimentación animal persigue diferentes objetivos, dentro de los más importantes se destacan dos: primero bajar los costos de producción reduciendo la compra de concentrados y uso de granos en los sistemas de engorda en pastoreo y segundo ser utilizados como alimento principal en épocas de estiaje (Meza-Galindo *et al.*, 2023). Algunos de los subproductos que se han utilizado con mayor frecuencia son: granos de destilerías, pollinaza, gallinaza, residuos de pulpa de cítricos, residuos de caña, residuos de la cosecha de piña, residuos de maíz, entre otros (Vélez *et al.*, 2013). Es importante mencionar que en las regiones tropicales se han caracterizado por su alta producción de caña de azúcar (INEGI, 1998), por lo que el uso de los residuos de la cosecha de caña de azúcar, son una opción viable para la alimentación de los bovinos en la región del Papaloapan. El uso de la caña de azúcar en la alimentación animal, está documentado en diversos artículos científicos, los cuales han mostrado resultados diversos, en cuanto a la digestibilidad de la materia seca, variables productivas, tamaño de partícula y madurez de la planta (Lagos-Burbano y Castro- Rincón, 2022).

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

A pesar de la diversidad de documentos que registran el uso de la caña de azúcar como subproducto alimenticio en bovinos, no se ha hecho una revisión sistemática de los mismos que evalúe el efecto y permita hacer predicciones productivas, económicas o ambientales. Por lo que el objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo matemático de evaluación del uso de subproductos de caña de azúcar en la alimentación de bovinos y su impacto sobre parámetros productivos económicos y ambientales.

Materiales y Métodos (Modelo matemático)

Búsqueda de la información

Se realizó una búsqueda de artículos de investigación del uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en el trópico, a priori la búsqueda fue atemporal dado que el tiempo no tiene efecto en la alimentación. Para ello se utilizaron diversas bases de datos, PeerJ, Springer, Nature's Scientific Data, filtrando mediante palabras clave. La Figura 1 muestra la combinación de palabras que se usaron para identificar los artículos que sustentan este análisis. En este paso se filtraron los documentos de tal manera que se concentren sólo aquellos que en su esquema de clasificación contengan las palabras clave de acuerdo al tema de estudio que para este caso se refiere a la alimentación de bovinos utilizando caña de azúcar, independientemente del país o del año en que se realice. Solo se utilizaron artículos con arbitraje JCR de revistas indexadas.

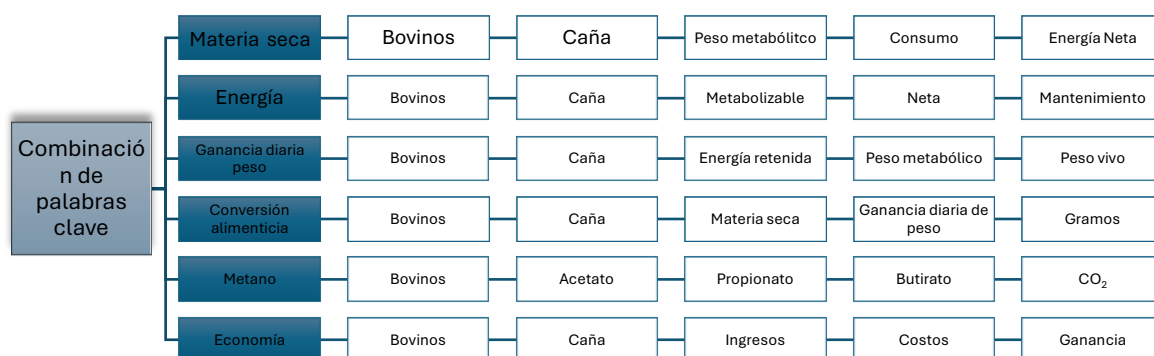


Figura 1. Identificadores de artículos científicos

Posteriormente se realizó un análisis crítico de todos los estudios realizados y se excluyeron aquellos que no aportaron información útil para el análisis, los criterios de inclusión/exclusión se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios de inclusión y exclusión en la selección de artículos

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Inclusión	Exclusión
• Artículos con datos de Precio/Costo o Ingreso/Costo. • Estudios que midan variables de comportamiento productivo. • Análisis que incluyan medición de metano. • Investigaciones realizadas en diversas regiones para comparar variaciones geográficas en el uso de la caña de azúcar.	• Artículos con datos económicos que no cumplan por lo menos con una de las duplas (P/C o I/C). • Artículos que no se centran específicamente en el uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos, aunque traten temas relacionados. • Estudios con dato parciales de las variables de comportamiento productivo. • Análisis que mencionen gas metano pero que no se mida.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

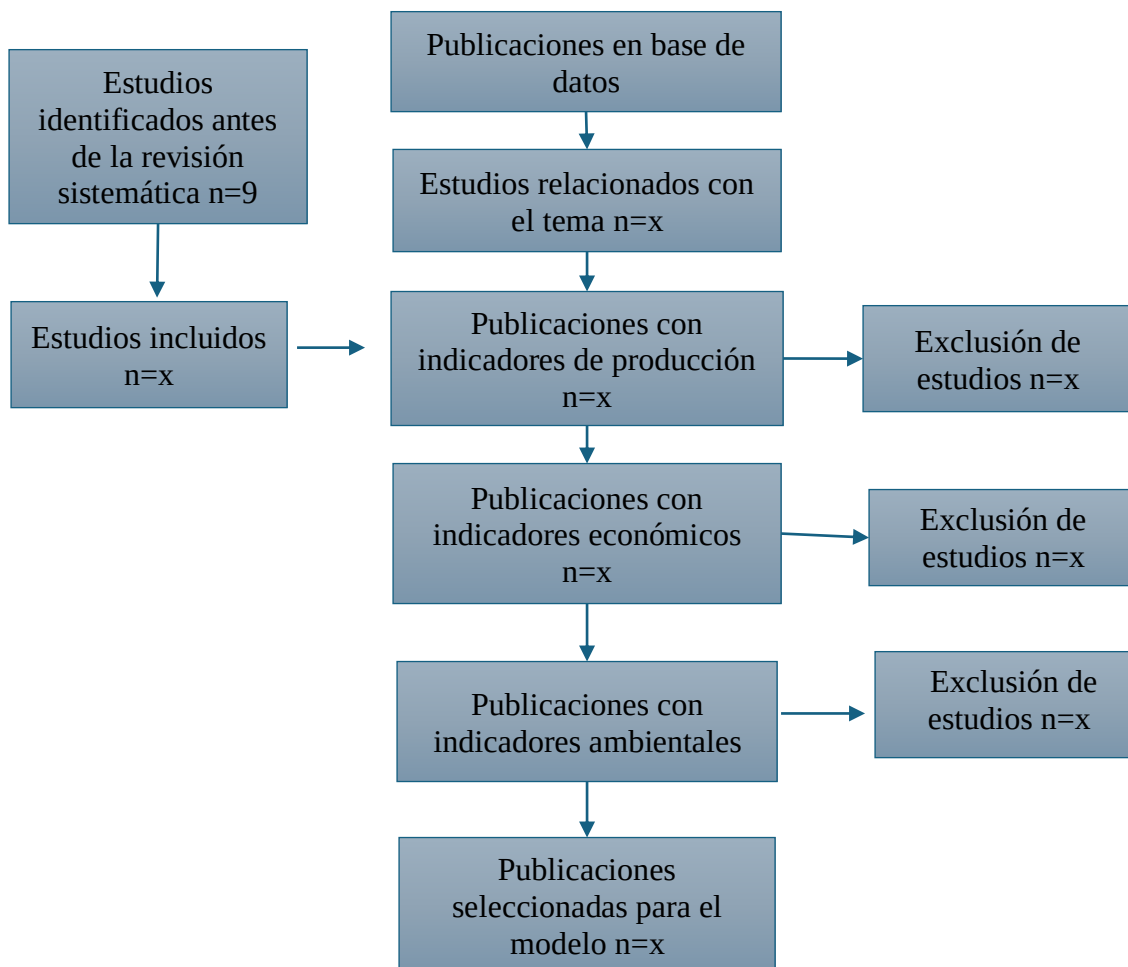


Figura 2. Diagrama de flujo de la selección de artículos

Construcción de base de datos

La base de datos se generará en el programa Excel y se nutrirá con la información que se extraerá de los artículos seleccionados. La información se ordenará en base a los tres ejes de análisis de esta investigación: comportamiento productivo, emisiones de gas metano y datos económicos.

La construcción de la base de datos el modelo matemático sobre el uso de subproductos de caña de azúcar en la alimentación de bovinos implica identificar los datos característicos de cada estudio (donde se ejecutó el estudio, año de publicación, autor (es), tipo de dieta, número de animales, tiempo que duró el estudio, entre otros) así como definir las variables clave (véase Cuadro 2).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Cuadro 2. Variables clave

Eje Productivo	Eje Económico
Energía Bruta (EB)	Precio (P)
Digestibilidad de Materia Seca (DMS)	Costos totales (CT)
Peso Vivo (PV)	Ingresos (I)
Energía Digerible (ED)	Costos fijos (CF)
Energía Neta de Mantenimiento (EN_m)	Costos variables (CV)
EM= Energía Metabolizable (EM)	Rentabilidad (R)
Consumo de Materia Seca (CMS)	
Energía Neta de Ganancia (EN_g)	
Conversión Alimenticia (CA)	
Energía Retenida (ER)	
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	

Para estimar las variables de interés de este estudio se utilizaron diferentes ecuaciones, mismas que se presentan a continuación. Las ecuaciones consideradas para el eje productivo fueron las propuestas por "National Research Council" (Consejo Nacional de Investigación) (NRC) 2000 para bovinos de carne y las del eje económico fueron obtenidas de Asanza y Avendaño (2023).

Estimación de consumo de la materia seca

$$CMS = PV^{0.75} * (0.1493 * EN_m - 0.046 * EN_m^2 - 0.0196)$$

Ecuación (1)

Donde:

CMS= Consumo de Materia Seca (Kg)

PV= Peso Vivo transformado a peso metabólico (Kg)

EN_m= Energía Neta de mantenimiento (Mcal/Kg)

Energía Metabolizable

$$ED = (DIVMS/100) * EB$$

Ecuación (2)

$$EM = 0.82 * ED$$

Ecuación (3)

Donde:

ED= Energía Digestible

EB= Energía Bruta

DMS= Digestibilidad de la Materia Seca

Energía Neta de ganancia

$$EN_g = 1.42 EM - 0.174 EM^2 + 0.0122 EM^3 - 1.65$$

Ecuación (4)

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Donde:

EN_g= Energía Neta de ganancia (g/Kg).

EM= Energía Metabolizable

Energía Neta de mantenimiento

EN_m=0.077 Mcal/PV^{0.75}

Ecuación (5)

Donde:

EN_m= Energía Neta de mantenimiento (Mcal/d)

PV= Peso Vivo transformado a peso metabólico (Kg)

Predicción de ganancia diaria de peso

GDP=13.91*ER^{0.9116}*PV^{-0.6537}

Ecuación (6)

Donde:

GDP: Ganancia Diaria de Peso (Kg)

ER= Energía retenida

PV= Peso Vivo transformado a peso metabólico (Kg)

Conversión alimenticia (CA)

CA= CMS/GDP

Ecuación (7)

Donde:

Conversión Alimenticia (Kg)

CMS= Consumo de Materia Seca

GDP= Ganancia Diaria de Peso

Estimación de metano

Ecuación (8)

CO₂= a/2+p/4+1.5*b::CH₄ = (a+2b)-CO₂

Donde:

a= acetato

p= propionato

b= butirato

CO₂= Dióxido de Carbono

Rentabilidad

Ecuación (9)

R= I-CT

Donde:

I= Ingreso

CT= Costo total

Costo total

Ecuación (10)

CT= CF+CV

Donde:

CF = Costo fijo

CV = Costo variable

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Ingreso

$$I = (GDP \cdot n) \cdot P$$

Ecuación (11)

Donde:

GDP = Ganancia diaria de peso

n = número de días

P = Precio del producto

Una vez que se han encontrado los datos económicos es los distintos artículos, y vaciado en la base de datos de Excel. Estos datos deberán convertirse a valores equivalentes ya que los valores monetarios en periodos diferentes contienen inflación. Los pesos constantes se pueden obtener a partir de los pesos corrientes, mediante un proceso que se conoce como deflactación de series, el cual consiste en dividir cada peso corriente entre un índice explicado por la tasa de inflación (Mizon, 1991). Esta conversión deberá hacerse antes de calcular las ecuaciones.

Si a la inflación se le representa como π , entonces:

$$\pi = \frac{\text{Precio}_{t1} - \text{Precio}_{t0}}{\text{Precio}_{t0}}$$

Ecuación (12)

Para obtener el valor real deflactamos el valor nominal, es decir, dividimos el valor nominal entre $(1 + \pi)$

$$\text{Valor real} = \text{Valor nominal} / (1 + \pi)$$

Ecuación (13)

El valor real es el valor que se tendría si quitamos el efecto de la inflación, y el valor nominal es aquel al que aún no se ha descontado el efecto de la inflación. La fórmula para sacar el valor nominal considerando dos periodos quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Valor real} (1 + \pi)^2 = \text{Valor nominal } 2$$

Ecuación (14)

Y si continuáramos con más periodos, llegaríamos a que la fórmula general para sacar el valor nominal es:

$$\text{Valor real} (1 + \pi)^n = \text{Valor nominal de } n$$

Ecuación (15)

En donde n es el número de periodos que estamos considerando, o bien, el número de veces que se compone la tasa de inflación.

De igual forma podríamos obtener la fórmula general para calcular el valor real:

$$\text{Valor real} = \text{Valor nominal } n / (1 + \pi)^n$$

Ecuación (16)

Validación del modelo y análisis estadístico

Una vez que se ha construido el modelo con las ecuaciones de medición de las distintas variables, es necesaria su validación de tal manera que permita comparar los valores obtenidos a partir de las ecuaciones, con los observados por los diferentes investigadores, ello permitirá estimar la precisión del modelo.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Resultados preliminares

Diseño del modelo en base a las ecuaciones de estimación

En la Figura 3 se presenta el diseño del modelo matemático. Para el eje productivo, las principales variables de interés son la ganancia diaria de peso, la cual se estima a partir de la energía retenida y el peso vivo. Si no se dispone de estos datos, la energía retenida se puede estimar utilizando la energía neta de ganancia y el consumo de materia seca. Asimismo, el consumo de materia seca se determina mediante la energía neta de mantenimiento y el peso vivo del animal. La energía neta de ganancia se desglosa a partir de la energía metabolizable, que a su vez se deriva de la energía digestible, la cual se estima con base en la energía bruta y la digestibilidad de la materia seca. En cuanto al eje ambiental, el metano se puede estimar utilizando variables como el acetato, butirato, propionato y dióxido de carbono. Por último, la rentabilidad para el eje económico se determinará mediante variables como los ingresos, estimados a partir de la ganancia diaria de peso y el precio, y los costos totales, que se estiman con los costos fijos y variables.

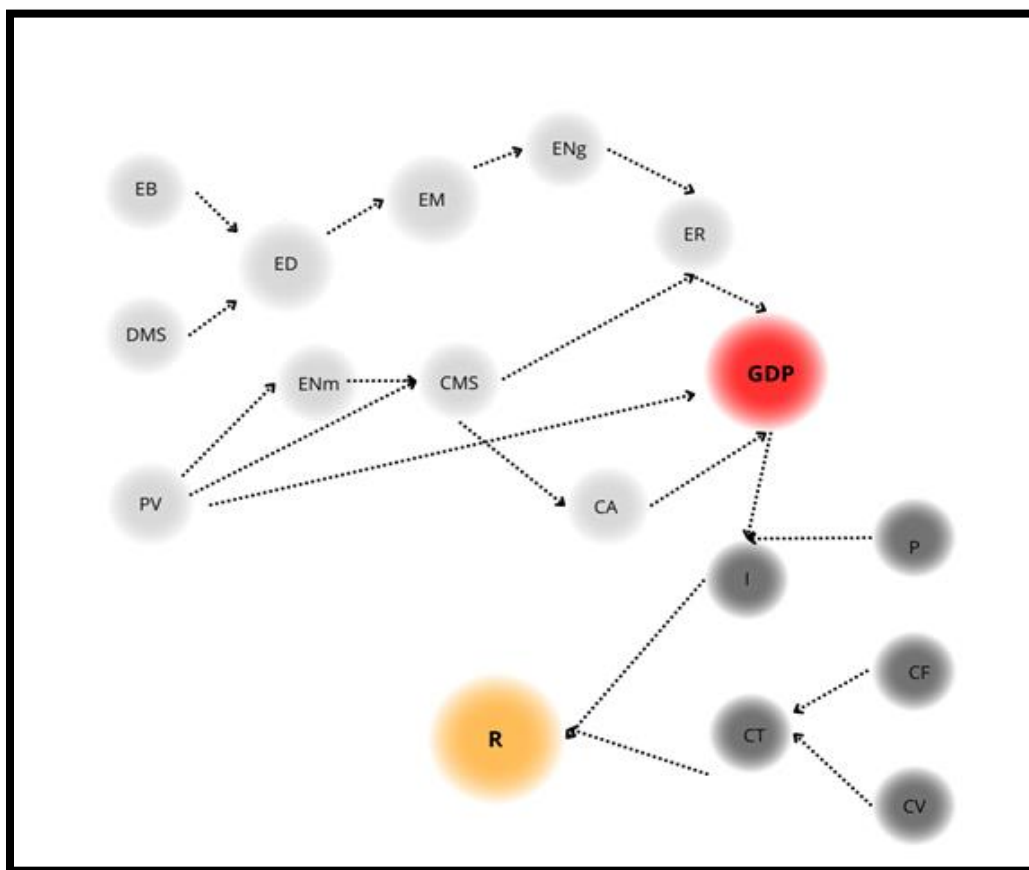


Figura 3. Modelo matemático

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

EB= Energía Bruta; DMS = Digestibilidad de Materia Seca; PV= Peso Vivo; ED= Energía Digerible; ENm= Energía Neta de Mantenimiento; EM= Energía Metabolizable; CMS= Consumo de Materia Seca; ENg= Energía Neta de Ganancia; CA= Conversión Alimenticia; ER= Energía Retenida; GDP= Ganancia Diaria de Peso; R= Rentabilidad; I= Ingresos; CT= Costos Totales; P= Precio; CF= Costo Fijo; CV= Costo Variable.

Conclusiones

En esta fase se ha planteado el modelo de matemático a partir de todas las variables de estudio que han sido determinadas para el rubro económico y de producción, este modelo se considera viable para predecir la ganancia de peso del animal en función del uso de caña de azúcar como complemento alimenticio. Con estos datos se podrá estimar el efecto en rentabilidad.

Referencias bibliográficas

Libros

Lagos-Burbano E., Cardona J.L., Castro R.M. 2022. Subproductos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.): Usos en la alimentación animal y producción de compost.1 a ed. Colombia.

Revistas

Asanza-Tacuri O. M. y Avendaño-Briones Á. 2023. Gestión financiera y su incidencia en la rentabilidad en Pymes comerciales en la ciudad de Guayaquil periodo 2021-2022. *Polo Del Conocimiento*. 8(8):763–779.

Carrillo-Hernández S., Prospero-Bernal F., López-González F., Flores-Calvete G., Martínez-García C.G., Arriaga-Jordán C.M. 2021. Estimación de emisión de metano entérico en sistemas de producción de leche bovina en pequeña escala bajo diferentes estrategias de alimentación. *Tropical and subtropical Agroecosystems*. 24(42): 1-13.

Huerta, J. A., Pinos-Rodríguez, J. M., & Kebreab, E. (2018). Animal nutrition strategies to reduce greenhouse gas emissions in dairy cattle. *Acta Universitaria*. 28 (5): 34-41.

Kido-Cruz A., Martínez-Castro C.J., Valenzuela-Jiménez N., Kido-Cruz M.T. (2022). Evaluación de los principios bioeconómicos de sustentabilidad en tres sistemas de producción bovina en Loma Bonita, Oaxaca. *Revista de Geografía Agrícola*. 72: 2-19.

Orantes Z.M., Platas R.D., Cordova A.V., De los Santos L.M., Cordova A.A. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 495-840.

Osorio-Giraldo J., Calderón-Bedoya V., López-de-Mesa O. y Restrepo-Berrio, D. (2024). Importancia de la disponibilidad de alternativas forrajeras para la alimentación de ganado bovino. *Revista Politécnica*. 20. 18-30. 10.33571/rpolitec.v20n39a2.

Quintero H.E., Bravo M.H., Aguayo V.M., Cervantes A.P., Rangel S.R., Núñez D.R. 2017. Estratificación de productores lecheros en los altos de Jalisco. *Agricultura sociedad y desarrollo*. 547-563p.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Vélez M. H Sánchez C.V., Duran. 2014. Evaluación de la suplementación energética durante el crecimiento de novillas lecheras de reemplazo utilizando el modelo CNPS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17:143-154.

Referencia electrónica

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1998. Análisis a nivel nacional de la producción de caña de azúcar. Primera edición. Disponible en: https://en.www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118518/702825118518_1.pdf.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2022. Resultado definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de Oaxaca. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022_Oax.pdf.

Meza G. L., Hazurin J.C., Luisa G.V., Rodrigo S.H., Juan O.L., Armando Z.B. 2023. Uso de productos y subproductos agrícolas en la medicina veterinaria y zootecnia. Boletín de ciencias agropecuarias del ICAP.Vol.9.12-19.

NRC (Nutrient Requirements of Beef Cattle). 2000. National Academies Press. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalogo/9791.html>

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Propuesta metodológica para el diseño de un exoesqueleto híbrido para asistencia en tareas de la agricultura en la Universidad Autónoma Chapingo metodología

Luis Tonatiuh Castellanos Serrano¹, María Victoria Gómez Águila¹, José Alfredo Castellanos Suárez¹, Fernando Salinas Paniagua¹

Resumen

La Universidad Autónoma Chapingo (UACH) es institución líder en temas agronómicos, como parte del quehacer de investigación que se realizan año con año en diferentes tópicos de investigación, se desarrollan proyectos de agrónoma aplicada. El presente documento expone la metodología para realizar la propuesta de desarrollo de un sistema de exoesqueleto híbrido (pasivo-activo) con miras a ser una alternativa para las labores cotidianas de las necesidades agrícolas, para ello se realiza un estudio del estado del arte sobre los exoesqueletos y los prototipos que actualmente existen en la agricultura, posteriormente se presenta el planteamiento del problema y la justificación para sustentar la necesidad de estos prototipos en el sector agroempresarial (público y privado), para abordar el objeto de estudio se ha optado por trazar una metodología incremental de gestión la cual por medio de sus iteraciones esboza la ruta de diseño técnico para conducir el proyecto en sus diferentes etapas, finalmente de versa sobre los resultados esperados del proyecto, y la importancia e impactos que el desarrollar un prototipo de exoesqueleto híbrido en la agricultura tendría no solo para la UACH sino para el campo mexicano.

Palabras clave: Biomecánica; Agricultura 5.0; Agrónoma: Robótica en la agricultura; exotraje.

Abstract

The Chapingo Autonomous University (UACH) is a leading institution in agronomic issues, as part of the research carried out year after year on different research topics, applied agriculture projects are developed. This document presents the methodology to carry out the proposal for the development of a hybrid exoskeleton system (passive-active) with a view to being an alternative for the daily work of agricultural needs, for this a study of the state of the arts is carried out on exoskeletons and prototypes that currently exist in agriculture, then the problem statement and justification are presented to support the need for these prototypes in the agribusiness sector (public and private), to address the object of study it has been decided to draw an incremental management methodology which, through its iterations, outlines the technical design route to conduct the project in its different stages, finally addressing the expected results of the project, and the importance and impacts of developing a hybrid exoskeleton prototype. in agriculture it would have not only for the UACH but for the Mexican countryside.²

Keywords: Biomechanics; Agriculture 5.0; Agrónoma: Robotics in agriculture; exosuit.

¹ Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINACyC). Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carr. México-Texcoco Chapingo, Edo. México, C.P 56230. México, procesoslce@hotmail.com, mvaguila@hotmail.com, jcastellanos@chapingo.mx

² Traducción libre

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Introducción

La agricultura, fundamental y estratégica en la economía y para el sustento de millones de personas, enfrenta desafíos constantes y crecientes. En México, el sector agrícola representa un elemento fundamental de la identidad y cultura nacionales. Sin embargo, las tareas agrícolas suelen ser físicamente desgastantes, exponiendo a los trabajadores del campo a una variedad de riesgos para su salud y seguridad (Godwin & Stevenson, 2010). El desarrollo de tecnologías adaptativas, como los exoesqueletos, ha mostrado un potencial importante para mitigar estos desafíos, proponiendo una solución donde la innovación tecnológica se encuentra con las necesidades humanas fundamentales. En este contexto, el diseño de exoesqueletos para la agricultura se convierte en un área de investigación con un impacto potencialmente transformador. Estos dispositivos, al integrar la biomecánica con la robótica, pueden proporcionar soporte físico, aumentar la fuerza y resistencia de los trabajadores, y reducir la incidencia de sobreesfuerzos y lesiones relacionadas con el trabajo (Alemi et al., 2020). Además, la adaptabilidad de estos sistemas a diferentes tareas agrícolas representa un avance importante en la ergonomía ocupacional.

A pesar de estos avances, la implementación de exoesqueletos en la agricultura sigue siendo un campo poco explorado, especialmente en México. La falta de dispositivos específicamente diseñados para las condiciones y necesidades del campo limita su adopción y efectividad (Toxiri et al., 2020). Por lo tanto, es importante desarrollar soluciones adaptadas a las características únicas de la agricultura local, como son la variedad de cultivos, las condiciones climáticas, y las posturas de trabajo específicas. El objetivo de este proyecto es desarrollar un exoesqueleto híbrido diseñado para asistir en tareas agrícolas a los trabajadores del campo mexicano. Este dispositivo busca mejorar las condiciones de trabajo, facilitando tareas que impliquen posturas incómodas y el manejo de cargas pesadas. La hibridación del exoesqueleto, combinando elementos pasivos y activos, permite una mayor adaptabilidad y eficiencia, adaptándose a las necesidades y limitaciones específicas de los trabajadores agrícolas mexicanos. Este proyecto representa un paso hacia la modernización del sector agrícola mexicano, promoviendo una mayor sostenibilidad y eficiencia, mientras se protege y mejora la salud y el bienestar de los trabajadores agrícolas.

Exploración al estado del arte

A principios de 1960, los EE.UU. El Departamento de Defensa expresó su interés en el desarrollo de un hombre-amplificado, un "traje de poder de armadura", que aumentaría las capacidades de los soldados para el levantamiento y transporte de objetos. En 1962, la Fuerza Aérea en el Laboratorio Aeronáutica Cornell estudió la viabilidad de utilizar un sistema maestro-esclavo en robótica como un hombre-amplificador. En un trabajo posterior, Cornell determinó que un exoesqueleto, es una estructura externa en la forma del cuerpo humano, que tiene muchos menos grados de libertad que un ser humano y puede realizar la mayoría de las tareas deseadas. De 1960 a 1971, General de Electric desarrolló y probó un prototipo de hombre-amplificador, un sistema maestro-esclavo llamado Hardiman. El Hardiman fue un conjunto de exoesqueletos de superposición usados por un operador humano. El exoesqueleto exterior (el esclavo), seguido de los movimientos del exoesqueleto interior (el maestro), que siguió los movimientos del operador humano. Aunque estos

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

primeros dispositivos se limitaron a movimientos predefinidos y limitados, ya habían existido, los algoritmos de balanceo desarrollado para los dispositivos todavía se utilizan en muchos robots bípedos. HAL (Hybrid Assisted Limb) fue desarrollado en la Universidad de Tsukuba, se basaba en un juego de baterías que detecta señales microeléctricas musculares en la superficie de la piel debajo de la cadera y la rodilla. Las señales son captadas por los sensores y enviados a la computadora, que traduce las señales nerviosas en señales para el control de motores eléctricos en las caderas y las rodillas del exoesqueleto, amplificando de manera eficaz la fuerza de los músculos. En la década de 1980, los investigadores de Berkeley pusieron en marcha varios proyectos de investigación sobre la parte superior en los sistemas de extremidades del exoesqueleto, nombrados como "ayudantes humanos" (H. KAZEROONI 2007, p. 575).¹

El prototipo X1 generado por la NASA es uno de los actuales sistemas de exoesqueletos que existen, enfocado a los astronautas que sufren de distrofia muscular por la falta de gravedad, el propósito del proyecto X1 es generar una resistencia ante la gravedad cero y evitar la distrofia al poner a trabajar el sistema muscular y ejercitar a los astronautas. La NASA reporta que su proyecto actualmente está en desarrollo y que su prototipo cuenta con 10 grados de libertad, la que lo hace un fenómeno en el mundo de los exoesqueletos, ya ha logrado darle mucha más libertad de movimiento al operador y le proporciona mucha más naturalidad anatómica. Los científicos que trabajan dentro del proyecto han observado ampliar los horizontes y aplicar en futuros años esta tecnología en el ramo clínico, para gente que sufre alguna discapacidad motora de las extremidades. En la medicina existen otras propuestas que se enfocan principalmente para la gente que sufre de discapacidad física, normalmente enfocado a las extremidades inferiores, buscando que los sistemas exoesqueletos puedan dotarles de la fuerza necesaria y además éstos respondan ante las órdenes de los usuarios.

Las propuestas de exoesqueletos son variadas y el sector al que son enfocados lo podemos catalogar en cuatro categorías:

- Medicina
- Investigación
- Militar
- Tecnología Aeroespacial

Esto resume el amplio panorama de aplicación que tiene estos dispositivos en la práctica y actualmente aparecen nuevas propuestas que van rezagando las anteriores, volviendo este tema un atractivo objeto de estudio.

No obstante, el Cinvestav actualmente está ofertando la “*Maestría en Sistemas Autónomos de Navegación Aérea y Submarina*”, un posgrado multidisciplinario que tiene como objetivo:

¹ Traducción libre del artículo H. Kazerooni, Universidad de California en Berkeley, Berkeley CA 94720, EE.UU. 2007 "Aumento de humano y exoesqueleto sistemas de Berkeley".

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Debido a la naturaleza de los mini vehículos autónomos aéreos, submarinos y exoesqueletos existen varias aplicaciones que los hacen pertinentes, por ejemplo, la supervisión de fronteras, de ríos, lagunas, las aplicaciones agrícolas utilizando robots, aplicaciones climatológicas, cartográficas, diseño de prótesis y/o órtesis instrumentadas para rehabilitación o aumento de fuerza, etc. (Cinvestav, 2023). Este posgrado de calidad, aunque tiene como enfoque principal el desarrollo de vehículos no tripulados, no se constriñe solo a ello, como tópico de interés también se puede observar el estudio de los sistemas exoesqueletos.

Otros posgrados interesados en detonar el desarrollo de estos campos se evidencian con el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), donde han desarrollado temas como EXOESQUELETO PARA EXTREMIDAD INFERIOR DE BAJO COSTO (Rodríguez et al., 2018), por parte del el Centro de Ingeniería Biomédica han optado por desarrollar tecnologías exoesqueléticas de forma asequible para rehabilitación de pacientes. La agricultura ha sido históricamente una de las actividades más exigentes en el aspecto de esfuerzo físico, caracterizada por largas horas de trabajo en condiciones generalmente difíciles y con un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas. En México, este sector no es ajeno a estos desafíos, siendo fundamental para la economía y la sociedad en su conjunto (García & Ramírez, 2018). Las soluciones tecnológicas para mejorar la seguridad y eficiencia en la agricultura han evolucionado a lo largo de los años, desde herramientas manuales simples hasta maquinaria avanzada. Sin embargo, la integración de los exoesqueletos, en la agricultura es un desarrollo relativamente nuevo y prometedor.

Los exoesqueletos, en sus diversas formas, han sido explorados inicialmente en aplicaciones militares y médicas, donde su capacidad para mejorar la fuerza y resistencia de los usuarios o para asistir en la rehabilitación ha sido ampliamente documentada (Omoniyi et. al. 2020). En el contexto agrícola, los exoesqueletos representan una solución potencial para reducir la carga física de los trabajadores del campo, mejorar la ergonomía en el trabajo y, en última instancia, aumentar la productividad y sostenibilidad de la agricultura (González & Martínez, 2020). En estudios recientes, se ha demostrado que el uso de exoesqueletos en tareas agrícolas reduce significativamente la carga muscular y el cansancio, especialmente en tareas que requieren posiciones incómodas o el manejo de cargas pesadas (Thamsuwan et. al. 2020). Sin embargo, la adopción de estas tecnologías en la agricultura enfrenta varios desafíos, entre ellos la necesidad de dispositivos que sean versátiles, cómodos y adaptados a las variadas condiciones del campo. Mientras tanto en la empresa GOBIO Europe Technologies group, emplea sistemas exoesqueléticos para brindar comodidad y prevenir trastornos músculo esqueléticos en el campo de la agricultura, así como de otros entornos, gracias al desarrollo de un sistema pasivo que permite el montaje de una silla sencilla, dinámica y ergonómica, la cual se activa al momento de flexionar las piernas, ofreciendo así una postura de confort a sus operadores (GOBIO, 2024)

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024



Figura 1. Ejemplo de exoesqueleto ergonómico para descanso en actividades de labor industrial (GOBIO, 2024)

Tecnova Centro Tecnológico, desarrolló un exoesqueleto para tareas agrícolas, su formato de movimientos reducidos (pasivo), permite aliviar la necesidad de mantener los músculos de los brazos y hombros en contracción constante, evitando con ello la formación de ácido láctico y permitiendo aumentar de forma pasiva la angulación de los brazos para tareas elevadas que con el tiempo lleven a la fatiga muscular por uso extenuante de una postura que habría que mantener durante horas para actividades como pizcar, recolectar o cosechar, entre otras similares. (Tecnova, 2024).



Figura 2. Exoesqueleto pasivo desarrollado por Tecnova (Tecnova, 2024)

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

ORTHEXO es un exoesqueleto Exoviti para trabajo de campo de RB3D, es otro exoesqueleto pasivo, el mismo permite disminuir las cargas que se concentran en la zona de los músculos de espalda baja y lumbares, lo cual brinda una posición confortable para realizar las tareas que requieran mantener una posición de flexión o semi flexión para las actividades de cosecha a nivel del suelo, de este manera se aminora el estrés muscular en la espalda del trabajador ante la naturaleza de las tareas rutinarias. (ORTHEXO, 2024).



Figura 3. Exoesqueleto pasivo desarrollado por ORTHEXO (ORTHEXO, 2024)

En México, la investigación y el desarrollo de tecnologías de asistencia para la agricultura han sido limitados, especialmente en lo que respecta a soluciones a medida para las condiciones locales. El clima, los tipos de cultivos, y las prácticas de trabajo específicas en México presentan desafíos únicos que requieren una atención especial en el diseño de exoesqueletos. Además, aspectos como la aceptación cultural y la formación de los trabajadores son fundamentales para la implementación exitosa de estas tecnologías (Omoniyi et. al. 2020). Este proyecto se basa en este contexto, identificando la necesidad de un enfoque centrado en el usuario y adaptado al entorno específico de la agricultura mexicana. Al diseñar un exoesqueleto híbrido que combina elementos mecánicos pasivos con sistemas activos controlados, se busca contribuir a la seguridad y el bienestar de los trabajadores del campo.

Materiales y métodos

Planteamiento del problema

La agricultura en México enfrenta grandes desafíos en términos de ergonomía y seguridad laboral. Los trabajadores agrícolas están frecuentemente expuestos a tareas que implican posturas incómodas, repetitivas y el manejo de cargas pesadas, lo que aumenta significativamente el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y trastornos relacionados con el trabajo (González & Martínez, 2020). A pesar de la importancia crítica del bienestar de los trabajadores en la productividad y sostenibilidad del sector agrícola, las soluciones tecnológicas específicamente adaptadas a sus necesidades son limitadas.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

La introducción de exoesqueletos en la agricultura representa una oportunidad para abordar estos desafíos ergonómicos. Sin embargo, la mayoría de los desarrollos en esta tecnología se han centrado en aplicaciones industriales y no se han adaptado adecuadamente a las condiciones específicas del campo agrícola, especialmente en entornos como el mexicano (Rodríguez & López, 2021). Las diferencias en el tipo de trabajo, las condiciones ambientales, y las características físicas y culturales de los trabajadores agrícolas requieren un diseño de exoesqueleto personalizado y contextualizado. Este proyecto busca diseñar un exoesqueleto híbrido que sea ergonómico, adaptable y adecuado para las condiciones específicas de la agricultura mexicana. El desafío radica no solo en el desarrollo técnico del exoesqueleto, sino también en asegurar su aceptación y uso efectivo por parte de los trabajadores agrícolas.

Justificación

Con la llegada de la revolución industrial muchos procesos migraron a producciones aceleradas con la asistencia de maquinaria especializada, que permitió así facilitar algunas tareas, aun así otras formas de producción permanecen, que si bien en el ámbito de la agricultura la tecnificación en países como México no han tenido gran impacto como en otras naciones del globo. Esto no significa que los procesos no hayan evolucionado en el ámbito de la agricultura dado que a lo largo de los diferentes gobiernos se han implementado programas para la tecnificación y mecanización del campo (Gobierno de México, 2017), aun así los esfuerzos deben aumentarse para que la tecnología impacte más en el sector agrícola permitiendo así al país sumergirse en la competencia internacional que otros países de primer mundo implementan en sus agendas de trabajo.

La agricultura ha vivido 5 transformaciones, apenas hace unos años se decía que nos encontrábamos en la agricultura 4.0, pero la entrada de la Inteligencia Artificial (IA) y la robótica ha permitido el paso a la llamada agricultura 5.0 (Ponce, 2023), esta nueva fase nos conduce como humanidad al siguiente paso de evolución en el ámbito agropecuario, además se dice que para 2050 existirán 9000 millones de habitantes, una cifra exorbitante que nos invita a la reflexión técnico-científica de cómo se deberán mutar las prácticas agrícolas para poder alimentar en el globo a toda esa población. En su estudio de Miguel Ponce González del Instituto Federal de Telecomunicaciones se dio a la tarea de procesar datos obtenidos del Banco Mundial, a lo cual, reflexiona la siguiente información sobre la tasa de crecimiento poblacional:

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

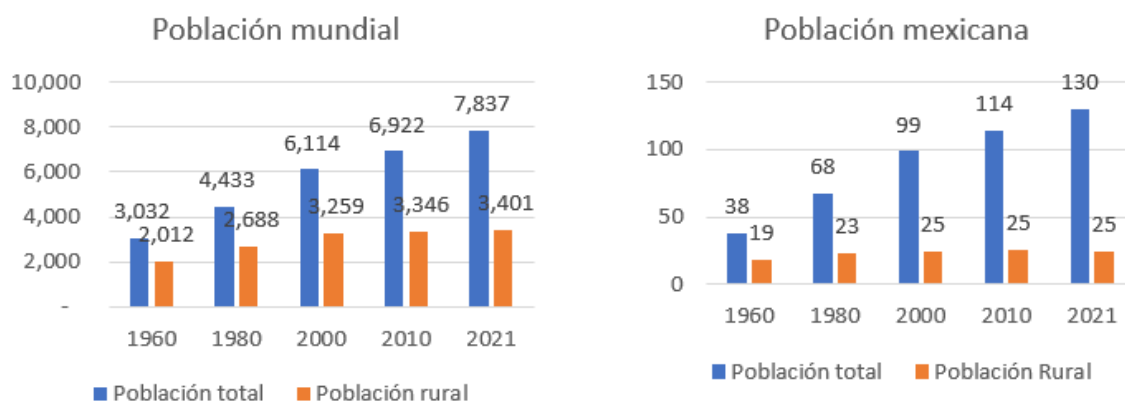


Figura 4. Crecimiento de la población mundial y de México (Ponce, 2023)

De este modo Ponce nos dice:

De acuerdo con lo anterior, el crecimiento poblacional ha sido acelerado con una clara tendencia a la urbanización, mientras que la población rural, donde viven y trabajan los productores, se redujo, condición que les ejerce presión para generar más alimentos con estándares crecientes de calidad en las prácticas de producción agropecuaria, agroindustrial y de comercialización (Ponce, 2023).

A lo cual se puede observar un panorama general que la población rural y urbana tienen impacto hoy en día, finalmente se debe hacer un estudio más profundo para delimitar la población que se dedica a las actividades agrícolas en el país. Durante las jornadas de trabajo entre las diferentes actividades agropecuarias que se relazan a lo ancho de país la mano del hombre es un recurso necesario desde la siembra, cosecha, recolección, tratamiento de tierras, embalaje, traslado de productos, etcétera, se puede observar toda una cadena de sucesos donde el hombre y la mujer deben ejercer esfuerzos del aparato locomotor para tener éxito en la producción agrícola. Las afectaciones musculares y esqueléticas que los individuos sufren por prolongadas jornadas laborales a lo largo de su vida, a la larga generan problemas de lesiones o afectaciones de los individuos tal es el caso del TME, el cual se define como:

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son lesiones del aparato locomotor que pueden tener un origen laboral. Afectan principalmente a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores. Es uno de los problemas más importantes de salud en el trabajo con elevados costes económicos. (Paredes, 2018)

Este tipo de trastornos preocupan al área de la salud, es indispensable garantizar en la población formas de vida dignas, el trabajo también es salud, pero los trabajos forzados generan a la larga repercusiones donde las personas viven el resto de sus vidas con malestares que en términos de las agendas gubernamentales se convierten en inversiones terapéuticas y medicas que generan gastos para el tratamiento oportuno de los pacientes.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Los trabajadores agrícolas a menudo enfrentan condiciones laborales desafiantes, incluyendo la realización de tareas físicamente exigentes que pueden llevar a lesiones a largo plazo y disminuir su calidad de vida (García & Hernández, 2021). El desarrollo de un exoesqueleto híbrido para la agricultura en México representa una gran oportunidad para mejorar la calidad de vida y la productividad de los trabajadores agrícolas. Estos dispositivos pueden reducir significativamente el estrés físico en los trabajadores, minimizando el riesgo de lesiones y mejorando la eficiencia en el trabajo. La innovación de un exoesqueleto híbrido, que combina la simplicidad y fiabilidad de los sistemas pasivos con la potencia y versatilidad de los sistemas activos, es particularmente relevante para las variadas y cambiantes demandas de las tareas agrícolas.

Metodología

La metodología que se propone para fines de desarrollo es el modelo incremental, Anna Pérez nos brinda una definición del siguiente del modo:

El modelo incremental de gestión de proyectos tiene como objetivo un crecimiento progresivo de la funcionalidad. Es decir, el producto va evolucionando con cada una de las entregas previstas hasta que se amolda a lo requerido por el cliente o destinatario (Pérez, 2016).

Aunque este tipo de metodología se ocupa mucho para el diseño de software no se delimita allí, dado que es un modelo que se adapta a las necesidades de los proyectos, volviéndolo altamente versátil.

El modelo de gestión incremental no es un modelo necesariamente rígido, es decir, que puede adaptarse a las características de cualquier tipo de proyecto, existen al menos 7 fases que debemos tener en cuenta a la hora de implementarlo:

1. Requerimientos
2. Definición de las tareas y las iteraciones
3. Diseño de los incrementos
4. Desarrollo del incremento
5. Validación de incrementos
6. Integración de incrementos
7. Entrega del producto

La metodología de este proyecto se desarrolla siguiendo una secuencia lógica y estructurada que garantiza la coherencia y eficacia en el diseño y construcción del exoesqueleto híbrido. La ruta metodológica se divide en las siguientes etapas:

1. Requerimientos:
 - a. Indagación Bibliográfica: Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente, incluyendo estudios académicos, patentes y material audiovisual para comprender el estado actual de la tecnología de exoesqueletos.
 - b. Análisis de Requerimientos del Sistema: Se identificarán y definirán los requisitos técnicos, ergonómicos y funcionales específicos para el exoesqueleto basados en las necesidades de los trabajadores agrícolas mexicanos.
2. Definición de las Tareas y las Iteraciones:

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- a. Diseño de Grupos de Trabajo: Se conformarán equipos multidisciplinarios para las diversas áreas del proyecto, como diseño mecánico, electrónico y programación.
- b. Itinerario de Actividades: Se establecerá un cronograma detallado, asignando fechas límite y responsabilidades.
- c. Agrupación de Tareas y Asignación de Actividades: Se organizarán las tareas por etapas y se asignarán a los respectivos equipos.
3. Diseño de los Incrementos:
 - a. Cálculos Matemáticos y Simulaciones: Se desarrollarán modelos matemáticos y se llevarán a cabo simulaciones mecánicas y electrónicas para predecir el comportamiento del exoesqueleto.
 - b. Actividades de Programación y Diseño de Prototipo: Se diseñarán algoritmos y se realizarán los esquemas de circuitos, seguido del diseño inicial del prototipo.
 - c. Manufactura y Perfeccionamiento del Prototipo: Se fabricará un modelo inicial que será sujeto a pruebas y ajustes continuos.
4. Desarrollo del Incremento:
 - a. Puesta en Marcha de Equipos Técnicos, Administrativos y Metodológicos: Se implementarán los procesos y procedimientos necesarios para el desarrollo efectivo del proyecto.
5. Validación de Incrementos:
 - a. Bitácora Técnica y Checklist de Control de Avances: Se llevará un registro detallado del progreso y se verificará el cumplimiento de los hitos del proyecto.
6. Integración de Incrementos:
 - a. Manufactura de Piezas y Circuitos: Se procederá a la fabricación final de las piezas y circuitos electrónicos.
 - b. Compilación de Códigos y Ensamble del Prototipo: Se integrarán los componentes de software y se ensamblará el prototipo para su evaluación.
7. Entrega del Producto:
 - a. Evaluación del Prototipo: Se realizarán pruebas de campo para evaluar la funcionalidad y ergonomía del exoesqueleto.
 - b. Ajustes y Perfeccionamiento del Prototipo: Basándose en la retroalimentación, se realizarán mejoras y se perfeccionará el diseño.
 - c. Prototipo Final: Se presentará el prototipo final, listo para pruebas adicionales y consideraciones para la producción a mayor escala.

Cada etapa de esta metodología está diseñada para ser iterativa, permitiendo la revisión y mejora continua del prototipo en desarrollo. Este enfoque garantiza que el exoesqueleto final sea robusto, eficiente y adecuado para su uso previsto en el campo agrícola.

Resultados y discusión

Metas del proyecto:

A continuación, en el siguiente diagrama se colocar las metas del proyecto en la perspectiva global, a corto, mediano y largo plazo:

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024



Diagrama 1. Metas globales del proyecto

Resultados esperados

Diseño, construcción, ensamble y evaluación del prototipo de exoesqueleto híbrido aplicada a la agricultura que ayude a disminuir alivianar los trabajos de campo.

1. Especificaciones técnicas:
 - a. Estudio biomecánico
 - b. Conceptualización técnica
 - c. Diseño técnico
 - d. Comodidad
2. Diseño conceptual
 - a. Simulación
 - b. Modelado
 - c. Prototipado
3. Diseño avanzado
 - a. Diseño mecánico y electrónico
 - b. Sistemas de control
 - c. Programación
 - d. Manufactura avanzada
4. Validación y pruebas
 - a. Pruebas controladas

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- b. Pruebas de campo
- 5. Optimización y refinamiento
 - a. Ajustes y perfeccionamiento
 - b. Iteraciones de los incrementos
- 6. Resultados técnicos
 - a. Memoria técnica con planos de diseño industrial en aspectos mecánicos
 - b. Memoria técnica con planos de diseño industrial en aspectos electrónicos
 - c. Memoria técnica de ingeniería de software
 - d. Bitácora tecnocientífica
- 7. Resultados de productos científicos
 - a. Divulgación científica de avances de resultados bajo la participación eventos científicos nacionales e internacional en formato presencial o en línea
 - b. Publicación de capítulos de libros con ISBN
 - c. Publicación de artículos en revistas indizadas con ISSN
 - d. Registro de software ante INDAUTOR
 - e. Registro de diseño industrial ante parte del IMPI

Impactos

Impacto económico

Los exoesqueletos híbridos están diseñados con el objetivo de mejorar la eficiencia en tareas agrícolas reduciendo la fatiga de los trabajadores, permitiendo que los agricultores realicen tareas intensivas durante más tiempo sin agotarse; de esa forma se aumenta la productividad optimizando a su vez la mano de obra obteniendo como resultado una gran eficiencia laboral. A pesar de que la inversión inicial de los exoesqueletos puede ser considerable, podemos también asociar a la reducción de costos con la disminución de lesiones y la mejora de productividad a largo plazo puede justificar la inversión; además menos lesiones significan menos gastos en el sector médico y una fuerza laboral más saludable logrando así una reducción significativa de costos. Y por último en cuanto a la rentabilidad. La mejora en la eficiencia y productividad en conjunto con la reducción de costos contribuye en gran medida a la rentabilidad de las operaciones agrícolas. Los exoesqueletos permiten realizar tareas de manera más rápida y efectiva, lo que puede traducirse en mayores rendimientos y ganancias.

Impacto Social

La agricultura a menudo implica trabajos físicamente demandantes. La introducción de exoesqueletos mejora notablemente las condiciones laborales al reducir la carga física en los trabajadores, de esa forma se disminuye el riesgo de lesiones y agotamiento mejorando las condiciones laborales. Los exoesqueletos pueden hacer que las tareas agrícolas sean más accesibles para personas que tengan habilidades físicas limitadas. Esto a su vez contribuye a la inclusión laboral y social, permitiendo a un grupo más diverso de personas participar en el trabajo agrícola.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

La adopción de exoesqueletos requerirá capacitación para los trabajadores, esto no sólo garantiza un uso efectivo de la tecnología, sino que también impulsa el desarrollo de habilidades y conocimientos en el sector agrícola.

Impacto tecnológico

La incorporación de exoesqueletos en la agricultura representa una innovación significativa esta tecnología redefine la forma en que se llevan a cabo las tareas agrícolas, introduciendo así una nueva dimensión de eficiencia y comodidad. Muchos exoesqueletos están equipados con sensores y tecnologías avanzadas. Estos dispositivos pueden adaptarse a los movimientos específicos del usuario, proporcionando una mayor precisión y eficiencia en las tareas agrícolas. La investigación en exoesqueletos agrícolas está en constante actualización. Se están explorando nuevas tecnologías y mejoras para abordar desafíos del sector y con eso cada vez se logran adaptar los exoesqueletos a diferentes entornos que enfrentan las diversas tareas agrícolas.

Conclusiones

La Universidad Autónoma Chapingo es una institución de excelencia en temas agrícolas, como parte de la formación de los estudiantes cuenta con el Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola (DIMA), donde se ofertan las carreras de Ingeniería Mecánica Agrícola e Ingeniero Mecatrónico Agrícola, ambas carreras con perfil de diseño de sistemas tecnológicos para el campo, el área de exoesqueletos aunque es un tópico derivado de la biomecánica no está lejos de la necesidad que se requieren en las actividades del campo, por lo cual la propuesta no solo es una solución de vanguardia para trabajadores del campo sino que el proyecto a futuro presenta una solución de alto impacto en avance tecnológico en el sector agrícola para solventar múltiples tareas, desde las actividades de campo abierto, embalaje, actividades zootecnistas, en la agricultura protegida, entre gran cantidad de aplicaciones que el sistema de exoesqueleto híbrido puede tener gran cavidad de oportunidad en el sector agroempresarial.

En la ruta de diseño y fabricación está los desafíos técnicos y de desarrollo, la agricultura actualmente en México esta apenas sufriendo una migración de la agricultura 3.0 (mecanización) a la agricultura 4.0 (agricultura de precisión), por lo cual las tecnologías correspondientes a la agricultura 5.0 (agricultura inteligente) apenas son someras en el ámbito práctico, el desarrollar un prototipo de exoesqueleto híbrido en la agricultura pinta no solo el desafío de su desarrollo, sino también el tema de transferencia de tecnología a los productores y la adaptabilidad y aceptación por parte de las personas que integran ese sector. Si México aún persiste en mantenerse al margen de la soberanía tecnológica y no empezamos a desarrollar organizaciones que desarrollen nuestra propia tecnología, siempre como país dependeremos tecnológicamente de la importación especializadas de otros países, por lo tanto rutas metodológicas de proyectos como fue el presente objeto de estudio, no son ninguna ciencia ficción, en la Universidad Autónoma Chapingo por medio de los centros e institutos de investigación y en particular por el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCISNACyC) Centro No. 82 en su línea de investigación de “Diseño de sistemas de agrónoma aplicada para el desarrollo rural”, se han creado diferentes proyectos de ingeniería aplicada obteniendo como productos diferentes registros ante IMPI, INDAUTOR, publicaciones en libros y revistas

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

científicas, por lo cual el motivar el objeto de estudio de en un futuro desarrollar un exoesqueleto híbrido para la agricultura en la UACH, solo es cuestión de tiempo y recursos.

Agradecimientos

Los resultados forman parte de proyecto convencionales impulsados por los programas de investigación de la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), así mismo a la línea de investigación de "Diseño de sistemas de agrónoma aplicada para el desarrollo rural" perteneciente al centro de investigación No. 82 CIISCINACYC, del Departamento de Sociología Rural y la división de Ciencias Económico-Administrativas de la UACH.

Referencias bibliográficas

- Chávez Cardona, M. A., Rodríguez Spitia, F., y Baradica López, A. (2011). EXOESQUELETOS PARA POTENCIAR LAS CAPACIDADES HUMANAS Y APOYAR LA REHABILITACIÓN - Exoskeletons to enhance human capabilities and support rehabilitation: a state of the art. *Revista Ingeniería Biomédica*, 4(7), 69–80. <https://doi.org/10.24050/19099762.n7.2010.88>
- Cinvestav. Maestría. (s/f). Cinvestav.Mx. Recuperado el 3 de enero de 2024, de <https://umi.cinvestav.mx/Maestría>
- Cruz Ardila, Juan Carlos; Ramírez Escarpeta, José Miguel. 2012. "Modelo matemático y herramienta de simulación de exoesqueleto activo de cinco segmentos". *Revista Científica Guillermo de Ockham*, num. julio-diciembre, pp. 93-105.
- Cruz Ardila, Juan Carlos; Ramírez Escarpeta, José Miguel. 2012. "Modelo matemático y herramienta de simulación de exoesqueleto activo de cinco segmentos". *Revista Científica Guillermo de Ockham*, num. julio-diciembre, pp. 93-105
- García Armada, E., Cestari, M., Sanz Merodio, D., & Carrillo, X. A. (2014). *Exoesqueleto para asistencia al movimiento humano*. <https://digital.csic.es/handle/10261/175995>
- Gobierno de México. 2017. *¿A qué se refiere la mecanización y tecnificación en campos y mares?* Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 4 de enero de 2024, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/a-que-se-refiere-la-mecanizacion-y-tecnificacion-en-campos-y-mares>
- GOBIO. *Exoesqueleto agroalimentario, exoesqueleto agrícola*. (s/f). GOBIO. Recuperado el 1 de enero de 2024, de <https://gobio-robot.com/es/nuestros-mercados/exoesqueleto-agroalimentario-agricola/>
- González Tamayo, Juan Pablo; Molina Vargas, Jason Edwin; Orozco Gutiérrez, Álvaro Ángel. 2008. "Modelado del músculo del brazo con redes neuronales para estimar el momento en un sistema exoesquelético". *Tecnura*, num. Sin mes, pp. 28-39.
- González Tamayo, Juan Pablo; Molina Vargas, Jason Edwin; Orozco Gutiérrez, Álvaro Ángel. 2008. "Modelado del músculo del brazo con redes neuronales para estimar el momento en un sistema exoesquelético". *Tecnura*, num. Sin mes, pp. 28-39
- Hill D, Holloway CS, Morgado Ramirez DZ, Smitham P, Pappas Y. WHAT ARE USER PERSPECTIVES OF EXOSKELETON TECHNOLOGY? A LITERATURE REVIEW.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- Int J Technol Assess Health Care. 2017 Jan;33(2):160-167. doi: 10.1017/S0266462317000460. PMID: 28849760.
- Luger T, Bär M, Seibt R, Rieger MA, Steinhilber B. Using a Back Exoskeleton During Industrial and Functional Tasks-Effects on Muscle Activity, Posture, Performance, Usability, and Wearer Discomfort in a Laboratory Trial. *Hum Factors*. 2023 Feb;65(1):5-21. doi: 10.1177/00187208211007267. Epub 2021 Apr 16. PMID: 33861139; PMCID: PMC9846378.
- Mardomingo-Medialdea H, Fernández-González P, Molina-Rueda F. Usabilidad y aceptabilidad de los exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular: revisión sistemática. *Rev Neurol* 2018;66 (02):35-44 doi: 10.33588/rn.6602.2017315
- Molina, Jason Edwin; González, Juan pablo. 2008. "Desarrollo de un sistema de control de un exoesqueleto para asistencia del movimiento del codo". *Scientia Et Technica*, num. Septiembre-Sin mes, pp. 129-134.
- ORTHEXO. *Exoesqueleto Exoviti para trabajo de campo de RB3D*. (s/f). Orthexo.de - Guía de neuroortopedia y exoesqueletos. Recuperado el 1 de enero de 2024, de <https://orthexo.de/es/exoesqueletos/exoesqueletos-industriales/exoesqueleto-exoviti/>
- Paredes Rizo, Mª Luisa, & Vázquez Ubago, María. (2018). Estudio descriptivo sobre las condiciones de trabajo y los trastornos musculo esqueléticos en el personal de enfermería (enfermeras y AAEE) de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 64(251), 161-199. Recuperado en 03 de enero de 2024, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000200161&lng=es&tlng=es.
- Pérez, A. (2016, agosto 16). Características y fases del modelo incremental. *OBS Business School*. <https://www.obsbusiness.school/blog/caracteristicas-y-fases-del-modelo-incremental>
- Ponce G. M. (2023). *La digitalización en el sector agropecuario*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. Recuperado el 4 de enero de 2024, de <https://www.ift.org.mx/transformacion-digital/blog/la-digitalizacion-en-el-sector-agropecuario>
- Rodríguez K., Naranjo A., Cisneros A., Pérez E. (2018). ACONTACS. Inaoep.Mx. Recuperado el 3 de enero de 2024, de https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/acontacs/articulos/2018/MyT2018-153-exoesqueleto_para_extremidad_inferior_de_bajo_costo.php
- Tecnova. (2020, noviembre 9). *Tecnova trabaja en el desarrollo de un exoesqueleto para tareas agrícolas* » Centro Tecnológico Tecnova. Centro Tecnológico Tecnova; Fundación Tecnova. <https://www.fundaciontecnova.com/tecnova-trabaja-en-el-desarrollo-de-un-exoesqueleto-para-trabajos-agricolas/>
- Torres-Medina, Y., & Rodríguez, Y. . (2023). Exoesqueletos industriales: siete principios para su implementación desde la perspectiva de la ergonomía . *Revista UIS Ingenierías*, 22(2), 73–84. <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n2-2023007>
- Yang, Z., Gu, W., Zhang, J., & Gui, L. (2017). *Force control theory and method of human load carrying exoskeleton suit*. Springer Berlin Heidelberg.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Análisis económico del cultivo de maíz con el uso de un dosificador variable

Alma Velia Ayala Garay^{1*}, Marco Antonio Audelo Benítez¹, Diana Evelyn García Lemus¹,
Daylin Jannete De la Cruz Carrillo¹

Resumen

Se hizo un análisis económico del uso de un dosificador variable para la aplicación diferenciada de fertilizante, diseñado y construido en el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola, con respecto a un dosificador convencional en la producción de maíz. Se estableció una parcela experimental, aplicando las recomendaciones establecidas en el paquete tecnológico para la producción de maíz grano, por el INIFAP, en el Estado de México. Con el dosificador variable se verificó que se requieren 11.5 % menos fertilizante que el suministrado por un dosificador de aplicación constante. El rendimiento obtenido fue 5.6 % más alto que en el convencional. La relación beneficio - costo (B/C) con el dosificador variable fue 1.60, mientras que con el dosificador convencional fue 1.44. El dosificador variable al ser fabricado con productos nacionales, facilitan al productor la adquisición y cambios en las refacciones, así como el uso y mantenimiento de éste, el uso del dosificador variable representa una alternativa para una producción más rentable, además de ser un implemento con fácil disponibilidad, uso y mantenimiento para los productores.

Palabras clave: Costos, rentabilidad, beneficio-costos

Abstract:

An economic analysis was made of the use of a variable doser for the differentiated application of fertilizer, designed and built at the Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola, with respect to a conventional doser in corn production. An experimental plot was established, applying the recommendations established in the technological package for grain corn production, by INIFAP, in the State of Mexico. With the variable doser, it was verified that 11.5 % less fertilizer was required than that supplied by a constant application doser. The yield obtained was 5.6 % higher than in the conventional one. The benefit/cost ratio B/C with the variable metering unit was 1.60, while with the conventional metering unit it was 1.44. The variable proportioner, being manufactured with national products, facilitates the producer the acquisition and changes in spare parts, as well as the use and maintenance of it, the use of the variable proportioner represents an alternative for a more profitable production, besides being an implement with easy availability, use and maintenance for the producers.

Keys words: Costs, profitability, benefit-cost

Introducción

La maximización de la producción ha ocasionado que se haga un uso indiscriminado de insumos, sin que esto se refleje en una mayor productividad. Varian, (2015) menciona que, a medida que aumenta la cantidad de un factor de entrada (como el fertilizante) manteniendo constantes otros

¹ Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera Los Reyes-Lechería, km.18.5. Texcoco, Estado de México. México. 56230.

Correo: avala.alma@inifap.gob.mx; audelo.marco@inifap.gob.mx; dianalemus97.dl@gmail.com; daycarrillo@outlook.es

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

factores (como el capital y la tierra), la productividad marginal de ese factor acabará disminuyendo. Además, las consecuencias por el uso irracional de insumos como los fertilizantes provocan pérdidas de nutrientes en el suelo y contribuye al deterioro del medio ambiente. Algunos insumos tienen también efectos negativos sobre la vida humana debido a su inadecuado uso como prácticas de almacenamiento inseguras. (FAO, 2022)

La obtención del máximo rendimiento en la producción, optimizado el uso de los factores de la producción de manera sostenible sigue siendo una prioridad para los productores.

La producción de alimentos de forma sostenible y la conservación del medio ambiente plantean a la agricultura, un reto ante el cual el empleo de tecnologías para ser mayormente productiva y dar un tratamiento adecuado a las tierras de cultivo. Precisamente, sobre esa base se ha constituido lo que se denomina "Agricultura de Precisión (AP)" (Stable, 2010).

Es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola (Mantovani *et al.*, 2006). Estas tecnologías pueden recopilar datos ambientales, de suelos y otras variables que influyen directamente en los cultivos. Esto permite la optimización en la distribución de la cantidad adecuada de insumos. Esta tecnología se basa en la utilización de tres herramientas, la obtención de datos, su análisis y las acciones que se generen de estos análisis. Ante esta situación, el objetivo de esta investigación fue realizar un análisis de rentabilidad de la producción de maíz con el uso de un dosificador convencional y con el uso de un dosificador variable para la aplicación diferenciada de fertilizante que se puede adaptar a sembradoras para cultivos en hileras, diseñado y construido en el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

Materiales y métodos

Se estableció una parcela experimental de maíz en el Campo Experimental Valle de México, Texcoco, Estado de México, utilizando una sembradora con un dosificador convencional, el cual hace la aplicación del fertilizante de forma constante y el dosificador variable hace una aplicación diferenciada, de acuerdo con las condiciones nutrimentales del suelo. Este dosificador cuenta con un sensor que permite evaluar los requerimientos nutritivos del suelo antes de aplicar el fertilizante. Ambos dosificadores se instalaron en una sembradora 0L Magnus 400 de la marca Dobladense. En el caso de la convencional se aplicó la recomendación establecida en el paquete tecnológico para la producción de maíz grano publicado por el INIFAP en el Estado de México (INIFAP, 2021), en el segundo caso, se aplicaron las adecuaciones derivadas del principio de funcionamiento del equipo construido, en función de las necesidades del suelo. La preparación del terreno se inició en la última semana del mes de abril, la siembra se realizó el 12 de mayo y la cosecha el 16 y 17 de noviembre de 2023. Por la configuración de la sembradora, se sembraron tres surcos utilizando el dosificador constante y tres surcos utilizando el dosificador diseñado, haciéndose 5 repeticiones de cada una de las siembras. Para cuantificar la rentabilidad se hizo un registro de los costos. Se utilizaron los precios inherentes a los insumos: semilla, productos agroquímicos como fertilizantes e insecticidas, jornales y la renta de maquinaria utilizada en la preparación del terreno, laborales

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

culturales, riego y cosecha. Para determinar la rentabilidad se utilizaron las expresiones algebraicas, basados en la teoría económica (Krugman y Wells, 2006; Samuelson y Nordhaus, 2009):

$$CT = P_X X \quad (1)$$

Donde: CT =Costo total de la producción, P_X =Precio del insumo o actividad y X =Actividad o insumo

El ingreso total por hectárea se obtiene de multiplicar el rendimiento del cultivo por su precio del mercado. La expresión algebraica es:

$$IT = P_Y Y \quad (2)$$

Donde: IT = Ingreso total (\$ ha-1), P_Y =Precio de mercado del cultivo Y (\$ t-1) e Y =Rendimiento del cultivo (t ha-1).

El precio de mercado que se utilizó para el cálculo del ingreso fue el precio de garantía reportado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural (SADER) en 2023. Se realizó un análisis beneficio costo (B/C), con el fin de evaluar la rentabilidad. Según el análisis B/C el proyecto será rentable si la relación B/C es mayor que la unidad.

$B/C > 1 \rightarrow$ el proyecto es rentable

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestran las cantidades de fertilizante por ha utilizadas por cada dosificador, las cuales son diferentes por cada dosificador. Se observa que el dosificador variable aplica hasta 11.5% (figura 1) menos de fertilizante que el dosificador convencional (constante), esta variación está en función de los requerimientos de fertilizantes según el tipo de suelo.

Cuadro 1: Fertilizante utilizado por dosificador kg por ha

Producto	Cantidad utilizada (ha-1)		
	Urea	Fosfato diamónico	Cloruro de potasio
Dosificador convencional	361.0	217.66	160.30
Dosificador variable	323.77	172.48	180.09

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2023.

El dosificador variable utiliza información de las condiciones nutrimentales del suelo, a través del sensor de datos georreferenciado, lo que permite evaluar los requerimientos nutritivos de la superficie antes de aplicar el fertilizante, a diferencia del convencional que aplica fertilizante de manera uniforme en toda la superficie.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

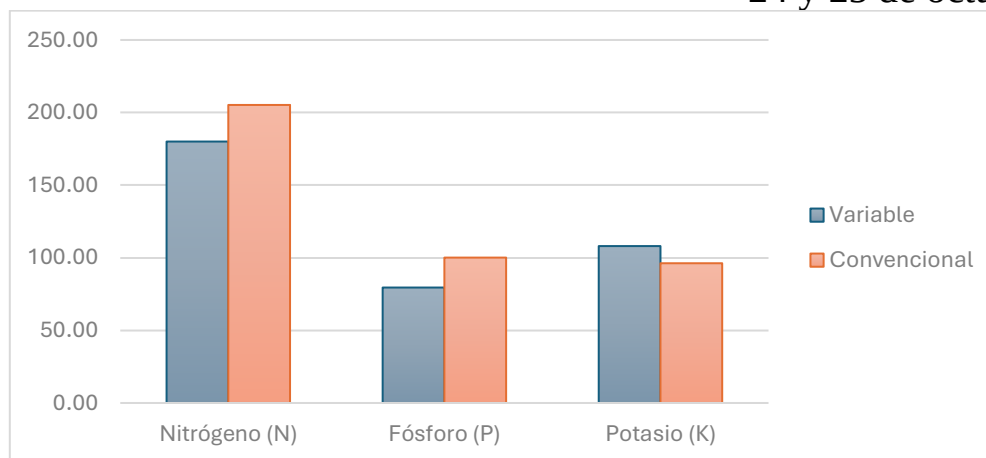


Figura 1. Dosis de fertilizante utilizado por cada dosificador (kg/ha).

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2023.

El uso del dosificador variable contribuyó en el ahorro del uso de fertilizantes. La importancia del sensor en el dosificador variable permitió un adecuado manejo de insumos según las necesidades nutricionales del suelo. De acuerdo con Carvajal y Mera, (2010), el uso indiscriminado de fertilizantes químicos no garantiza el aumento de los rendimientos en la producción, al contrario, ha causado pérdidas en la productividad de los suelos donde se realizan prácticas agrícolas incorrectas, las cuales ocasionan la degradación de propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. El exceso de fósforo puede interferir con la absorción de micronutrientes, como el zinc y hierro, así mismo, el exceso de potasio en forma de potasa aumenta el pH del suelo, lo que causa una mala absorción de nutrientes (Stevenson y Cole, 1999). Los efectos negativos del uso de fertilizantes de síntesis en el medio ambiente son indiscutibles, los productos químicos que se encuentran en los fertilizantes, como nitratos y fosfatos, contaminan acuíferos y cuerpos de agua superficiales (Orozco y Valverde, 2012). De acuerdo con Orozco, *et al.*, (2016) la baja fertilidad de los suelos se ha visto afectado por el uso excesivo de fertilizantes químicos lo que ha ocasionado altos índices de contaminación, aumento de la compactación y la salinidad, disminución de la materia orgánica y el decremento de la microbiología de los suelos, impactando negativamente en el rendimiento y calidad.

La maximización de la producción debe de considerar la optimización de los recursos. Desde el punto de vista económico, esto debe ser aplicado a cualquier tipo de recursos, para minimizar costos de producción y contaminar menos. De acuerdo con Pazos *et al.*, (2016) el fertilizante nitrogenado adicionado a los cultivos causa cambios fisiológicos en las plantas, los cuales afectan al establecimiento de microorganismos benéficos. El uso adecuado de fertilizante se vuelve primordial. En la figura 2 se muestran los rendimientos obtenidos con el uso del dosificador diferenciado y el convencional, hubo mayor rendimiento en donde se utilizó el dosificador diferenciado, ya que se incrementó un 5.60%.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

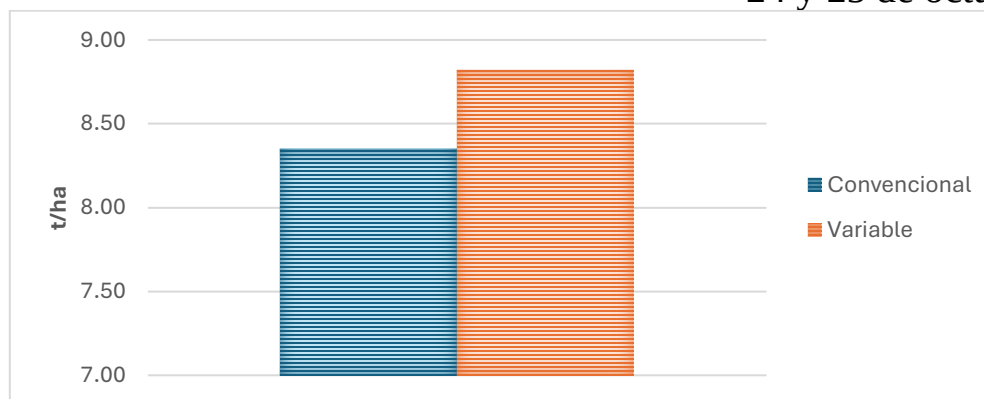


Figura 2. Rendimiento obtenido en ambas parcelas.

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2023.

En el cuadro 2 se muestran los costos y la relación beneficio costo, como indicador de la rentabilidad del cultivo, se observa que la relación beneficio-costo tiene una diferencia del 0.16, cuando se utiliza el dosificador diferenciado por cada peso invertido se ganan \$0.60 centavos, mientras que con el convencional se gana \$0.44 centavos, lo que indica que es 11.1 % más rentable.

Cuadro 2: Rentabilidad de maíz, con dosificador diferenciado, con precios

Actividad	Cultivo con d. variable	Cultivo con d. convencional
Preparación del terreno (\$) (1)	\$ 1,600.00	\$1,600.00
Siembra (2)	\$ 800.00	\$ 800.00
Labores agrícolas (\$) (3)	\$ 8,744.44	\$8,744.44
Insumos (\$) (4)	\$21,683.66	\$23,394.90
Cosecha (\$) (5)	\$ 4,972.22	\$ 4,972.22
Costo total (\$ ha-1) (5=1+2+3+4)) =(6)	\$37,800.32	\$39,511.57
Rendimiento (t ha-1) (7)	8.82	8.35
Precio (\$/t) (8)	\$ 6,805.00	\$6,805.00
Ingreso por ha (\$) (9=7*8)	\$ 60,020.10	\$56,821.75
Utilidad por ha (\$) (10 = 9-6))	\$ 22,219.78	\$17,310.18
Costo (\$/t) (11= 6/7)	\$ 4,285.75	\$ 4,731.92
Utilidad por t (\$/t) (12=8-11)	\$ 2,519.25	\$2,073.08
Relación Beneficio/Costo (13=8/11)	1.60	1.44

Fuente: Elaboración propia, con información de campo del 2023.

Los resultados indican que el uso del dosificador variable permite un ahorro en los costos y el aumento del rendimiento. Lo anterior permitirá mejorar la rentabilidad del cultivo, principalmente para aquellos productores con pequeña superficie de producción.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Al ser un equipo diseñado y fabricado con materiales existentes en México, la posibilidad de encontrar refacciones cuando se requieran es más factible, a diferencia con los importados, que, en ocasiones, la disponibilidad de refacciones e incluso el mantenimiento del equipo resulta ser una de las actividades más complicadas para los productores. Sánchez, *et al.*, 2014, mencionan que, en Texcoco y Amecameca, el abandono de los equipos agrícolas por el mal estado que presentan se debe principalmente al poco o nulo mantenimiento, falta de refacciones originales o el alto costo de éstas y a un servicio posventa ineficiente. Uno de los problemas que enfrenta el sector agrícola es la falta de maquinaria e implementos agrícolas económicamente más accesibles. El dosificador variable de fertilizante evaluado permite al productor adquirir un equipo con componentes disponibles en el país, su instalación, operación y mantenimiento no requieren de personas expertas. El equipo tiene una durabilidad mayor a 1000 h de trabajo. Por otro lado, el uso adecuado de fertilizantes según las necesidades de los suelos permite la optimización de recursos. Costos de producción del dosificador variable. El costo de producción del dosificador variable resulta ser competitivo en comparación con los ya dispuestos en el mercado. Considerando los materiales y mano de obra y actividades realizadas, el costo de producción de éste es de \$18,000.00 MXN.

Conclusiones

La producción del cultivo de maíz utilizando un dosificador variable de fertilizante resulta ser rentable y aunque la relación beneficio costo comparado con la de un dosificador convencional no es muy amplia, el equipo cuenta con diferentes ventajas técnicas que lo hacen una opción factible para la producción agrícola. La fertilización diferenciada es una práctica agrícola que implica aplicar diferentes tipos y cantidades de fertilizantes en función de las necesidades específicas de cada terreno o planta. Esta técnica se basa en la idea de que no todas las áreas de un campo de cultivo o todas las plantas tienen los mismos requerimientos nutricionales, por lo que la aplicación diferenciada de fertilizantes puede mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio de recursos. Esta práctica agrícola puede mejorar la eficiencia de los cultivos, reducir los impactos ambientales y generar beneficios económicos para los agricultores. Sin embargo, su adopción exitosa depende de la disponibilidad de tecnologías adecuadas y de un enfoque cuidadoso para la toma de decisiones agrícolas basadas en datos. En este sentido, es importante desarrollar tecnología propia que favorezca al desarrollo de estas prácticas en México.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por el financiamiento otorgado para el desarrollo de este proyecto

Referencias bibliográficas

Carvajal Muñoz, J. S. y A. C. Mera Benavides. 2010. Fertilización biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Produc. Limp.* 5: 77-96.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2021. Paquete tecnológico del cultivo de maíz. Estado de México.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Mantovani, E; Carvalho, FA; Marcal, D. 2006. Introducción a la agricultura de precisión. En R. Bingiovanni, C. Mantatovani, B. Stanley, R. Álvaro (Eds). *Agricultura de precisión. Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable* (15-22). Uruguay.

Food Agricultural Organization. 2022. Environmental and Health Impacts of Pesticides and Fertilizers and Ways to Minimize Them, United Nations Environment Programme, 2022.

Krugman, PR, Well R. Introducción a la economía: microeconomía. Reverté, Barcelona, 2006

Orozco Corral, A; Valverde Flores, M; Martínez Téllez, R; Chávez Bustillos, C; Benavides Hernández, R. (2016) Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano Terra Latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.* 34(4), 441-456

Orozco Corral, A. & Valverde Flores, M. (2012). Impacto ambiental del manejo del agua de riego con sondas de capacitancia sobre la contaminación de acuíferos por nitratos. *Rev. Tecnol. Cienc. Agua* 3(): 23-35.

Pazos Rojas, L. A., Marín-Cevada, V., Morales-García, Y. E., Baez, A., Villalobos-López, M. A., Pérez-Santos, M., & Muñoz-Rojas, J. (2016). *Uso de microorganismos benéficos para reducir los daños causados por la Revolución Verde*. *Rev. Iberoamer. Cienc*, 20, 72-85.

Samuelson, PA, Nodhaus, WD. 2009. Economía con aplicaciones a Latinoamérica, 19 ed.; Edit. MacGraw-Hill, Madrid.

Sánchez MA; Ayala, AV; Cervantes, R; Garay, M; De la O M; Martínez, G; Velázquez, N. 2014 Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 11(4). 499-516.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000400004&lng=es&tlng=es.

Stable, C. 2010. Empleo de la tecnología de la información y las comunicades en la agricultura. *ICIDCA*. 44(2). 8-15.

Stevenson, F. J. and M. A. Cole. 1999. Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley and Sons. New York, NY, USA.

Varian, H.R. (2015) Microeconomía intermedia. Un enfoque actual. Rústica 9ª ed.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Estrategias de Marketing para apoyar la conservación del Ajolote en el Acuario Invernadero Chapingo

Higinio Francisco Arias Velazquez¹, María Sol Robledo y Monterrubio², Verónica Hernández Lopez³

Resumen

El ajolote (*Ambystoma mexicanum*) es un anfibio mexicano que se encuentra en la lista de especies mexicanas en peligro de extinción. A pesar de que aún quedan ejemplares en su hábitat natural han ido disminuyendo a lo largo de los años debido a la destrucción de su hábitat y la contaminación del mismo, además de tener especies invasoras como la carpa asiática (*Cyprinus carpio carpio*) y la tilapia africana (*Oreochromis mossambicus*), también debido al comercio ilegal para su uso como mascotas, e investigaciones ilegales por lo que su cuidado y conservación es de suma importancia no solo por el papel que tiene en la biodiversidad, sino también porque es una especie endémica y por su capacidad de reproducción y regeneración que sirven como base de investigaciones. El proyecto busca desarrollar estrategias de mercadotecnia para promover la conservación y protección del ajolote, así como promover la educación ambiental creando conciencia sobre la importancia de la biodiversidad y protección de especies en peligro de extinción. Se centra en el Acuario-Invernadero Chapingo, de la universidad Autónoma Chapingo el cual se dedica a la conservación y reproducción de esta especie. Dentro de los objetivos del proyecto se encuentran aumentar las visitas al acuario e implementar talleres educativos de conservación del Ajolote, para ello se realizarán encuestas que indiquen el interés de los visitantes por esta especie, revisiones bibliográficas y análisis de los resultados para la elaboración de la estrategia de Marketing interés por la conservación de esta especie.

Palabras clave: Ajolote, marketing, conservación, extinción, biodiversidad.

Abstract

The axolotl (*Ambystoma mexicanum*) is a Mexican amphibian that is on the list of Mexican species in danger of extinction. Although there are still specimens in their natural habitat, they have been decreasing over the years due to the destruction of their habitat and its pollution, in addition to having invasive species such as the Asian carp (*Cyprinus carpio carpio*) and tilapia. . African (*Oreochromis mossambicus*), also due to illegal trade for its use as pets, and illegal research, so its care and conservation is of utmost importance not only because of the role it has in biodiversity, but also because it is an endemic species and for its capacity for reproduction and regeneration that serve as a basis for research.

¹Maestro en Ciencias, Profesor Investigador B1 del departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica (CIBEO). Correo Electrónico: ariasvel@hotmail.com

²Doctora en Ciencias. Profesora investigadora, departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica (CIBEO). Correo Electrónico:

³Licenciatura en Economía Agrícola. Estudiante del Posgrado en Economía en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1738-2059>. Correo electrónico: lopez.veronica@colpos.mx

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

The project seeks to develop marketing strategies to promote the conservation and protection of the axolotl, as well as promote environmental education by creating awareness about the importance of biodiversity and protection of endangered species. It focuses on the Chapingo Aquarium-Greenhouse, of the Chapingo Autonomous University, which is dedicated to the conservation and reproduction of this species. Among the objectives of the project are to increase visits to the aquarium and implement educational workshops on Axolotl conservation, to carry out surveys that indicate the interest of visitors in this species, bibliographic review and analysis of the results for the preparation of the Marketing strategy interest in the conservation of this species.

Keywords: Axolotl, commercialization, conservation, extinction, biodiversity.

Introducción

El ajolote (*Ambystoma mexicanum*) (Imagen 1) es un anfibio mexicano que se encuentra en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, es decir, se encuentra en la lista de especies mexicanas en peligro de extinción. A pesar de que aún quedan ejemplares en su hábitat natural han ido disminuyendo a lo largo de los años debido a la destrucción de su hábitat y la contaminación del agua, además de tener especies invasoras como la carpa asiática (*Cyprinus carpio carpio*) y la tilapia africana (*Oreochromis mossambicus*) (Aguilar y Aguilar, 2019). Los ajolotes mexicanos, han disminuido su población debido al mal uso por parte de las personas que se dedican al comercio ilegal, así como los que trafican para obtener su ADN con fines de investigación en otros países y en México. Los ajolotes también se han utilizado como mascotas, las cuales se venden indiscriminadamente en los mercados de peces y acuarios particulares. Es un animal místico e íntimamente relacionado con la historia de país. La mitología azteca, lo tenía considerado como un dios que se negó a morir, convirtiéndose de esta manera en monstruo de agua (Photo Ark, s.f.). Por lo que para nuestro país la conservación y protección del ajolote es de suma de importancia, no solo por el papel que tiene en la biodiversidad, sino también porque este espécimen posee características únicas, entre las cuales se destaca su condición de ser endémica, ya que solo se encuentra en algunos cuerpos de agua en el Valle de México; su capacidad de reproducirse conservando sus características de larva o joven, mejor conocido como estado neoténico; su peculiar cualidad de regenerar ciertos órganos y miembros de su cuerpo (patas y cola); y que cuenta con propiedades medicinales y afrodisiacas; todo ello junto con el hecho de que es considerado un alimento succulento desde épocas prehispánicas hasta nuestros días (Aguilar López).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024



Imagen 1. Ejemplar de *Ambystoma mexicanum* reproducido en el Acuario Invernadero Chapingo

El ajolote, pone de manifiesto la importancia que representa no solo para la conservación de la biodiversidad endémica, sino que, al mismo tiempo, es parte fundamental de nuestra identidad como nación. La pérdida de biodiversidad obedece a varios factores: cambio climático global, cambio de uso de suelo y desertificación, contaminación de su hábitat con basura y desperdicios orgánicos, comercio ilegal y sobre explotación, tan solo por mencionar algunas. En los años 80s, los profesionales de la producción en alimentos introdujeron Tilapia (*Oreochromis aureus*), a los canales de Xochimilco, ocasionando con ello, pérdidas casi totales, no solo del ajolote, sino que también están desapareciendo otras especies endémicas del lugar y de gran importancia histórica y cultura, tal es el caso del Acocil (*Cambarellus montezumae*) endémico de la región y parte importante en la alimentación prehispánica. A pesar de que existan ejemplares de ajolote en el Jardín des Plantes en París, es necesario evitar llegar al punto en que sean los últimos en todo el mundo, por lo cual existen distintos lugares y centros de investigación que se dedican a la conservación y reproducción de este anfibio mexicano. Algunas de estos lugares son pequeños y no suelen tener la difusión suficiente para que la gente conozca o puedan ser apoyados, por lo que se busca aprovechar el auge que ha tenido el ajolote para dar a conocer uno de estos pequeños lugares a través del uso de lo que se conoce como estrategias de marketing.

Ahora bien, sobre las estrategias de mercadotecnia, hay que mencionar que son un plan de acción en el que se describen los procedimientos que sigue una empresa, para que tener la oportunidad para poder lograr sus objetivos, siendo su principal importancia radica en el hecho de que permiten

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

optimizar los recursos de las empresas y tener una coordinación efectiva dentro de las organizaciones (Pursell, 2023). Un proyecto de difusión y mercadotecnia para el ajolote es esencial por varias razones. En primer lugar, el ajolote es una especie única y emblemática de México, con características biológicas sorprendentes, como su capacidad de regeneración y su importancia en la investigación científica. Promover la difusión sobre esta especie permitiría aumentar la conciencia pública sobre su valor ecológico y cultural.

Además, el ajolote tiene un potencial comercial considerable. Su imagen como una especie única y exótica podría atraer a visitantes interesados en la biodiversidad mexicana. Además, existen oportunidades en el mercado de mascotas para la cría en cautiverio y la venta legal y responsable de ajolotes como animales de compañía, siempre y cuando se realice de manera sostenible y ética. Por último, al promover el ajolote como un símbolo de conservación y biodiversidad, se fomenta la protección de su hábitat natural y se generan oportunidades para la educación ambiental. Este tipo de proyectos no solo contribuyen a la conservación de una especie en peligro de extinción, sino que también promueven valores de responsabilidad ambiental y respeto por la vida silvestre en la sociedad. En resumen, un proyecto de difusión y mercadotecnia para el ajolote puede beneficiar tanto a la conservación de la especie como al desarrollo económico y cultural de las comunidades locales. El objetivo general consistió en desarrollar estrategias de mercadotecnia que permitan aumentar la conciencia que se tiene sobre la importancia de la conservación del ajolote entre las personas que visiten el Acuario-Invernadero Chapingo. Los objetivos específicos fueron desarrollar estrategias para atraer visitas al Acuario-Invernadero Chapingo, implementar talleres educativos sobre la importancia del ajolote. Desarrollar un programa virtual de adopción de ajolotes. Organizar eventos temáticos centrados en el ajolote. Crear souvenirs atractivos de ajolote creados de manera sustentable.

Materiales y métodos

Dentro de la mercadotecnia actual existen una gran variedad de diversos tipos de estrategias de mercadotecnia, por lo que la definición de estas difiere un poco de acuerdo con el contexto en que se estén llevando estas estrategias. Para este trabajo definiremos marketing como un proceso social y administrativo en el cual los individuos obtienen lo que necesitan intercambiando valores con otros. (Kotler 2007). La importancia de un buen marketing en los negocios (principalmente) es lograr que la empresa se adapte en su entorno y satisfaga al consumidor mediante diferentes actividades fundamentales como:

Análisis de oportunidades

Investigación y selección de mercados

Diseño de estrategias

Organización, implementación y control de actividades de marketing

Dentro de las diferentes estrategias de marketing podemos encontrar las siguientes:

Estrategias de segmentación, que consisten en que elegir un público objetivo mucho más específico de acuerdo las características del producto que se ofrece;

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Estrategias de posicionamiento de marca, que buscan generar un lugar para la empresa dentro de la mente de los consumidores.

Estrategia de marketing digital, que se buscan posicionar a la empresa en los medios digitales actuales para así aumentar la difusión que tienen; estrategias de marketing de contenidos, que se basa en la redacción y publicación de diferentes artículos, infografías y e-books.

Estrategias de fidelización, que busca acercar mucho más a los consumidores a la empresa, entre otras (Pursell, 2023). Sin embargo, a pesar de esa gran variedad de estrategias de mercadotecnia, en el presente proyecto, se planea usar la estrategia de mercadotecnia de “boca a boca” o “Marketing Viral” que consiste en realizar una serie de acciones que motivan a otros a hablar espontáneamente de sus productos, servicios o marca (Ortega, 2022). La eficiencia del marketing de “boca en boca” es reconocido por Kotler y Lane (2006), ya que consideran que, si bien los consumidores reciben más información sobre los productos de las fuentes comerciales, es más eficaz la información que reciben de personas que han utilizado el producto o lo conocen. Kotler y Lane (2006: 192) reconocen la eficacia del marketing de “boca en boca”: En términos generales, los consumidores reciben más información sobre el producto a través de fuentes comerciales, es decir, de fuentes controladas por los especialistas de marketing. Sin embargo, la información más eficaz proviene de fuentes personales o públicas, que son autoridades independientes.

La importancia del marketing digital radica en los siguientes puntos (Gómez y Pierini)

Se puede medir fácilmente

Se puede personalizar las estrategias por clientes

Permite que la marca o producto se más visible

Capta y permite más fidelización de los clientes o consumidores

Aumenta las ventas, que para este trabajo manejaremos ventas como el interés en el ajolote

Crea comunidad la cual interactúa directamente con la empresa.

Tiene un mayor alcance e impacto que permite alcanzar los objetivos de la empresa

Sobre todo, tiene un bajo costo de difusión.

De manera que, mientras que, si bien es cierto que en el pasado el boca a boca solía estar limitado por el número de lugares que un individuo podría visitar y las personas que podría conocer físicamente, hoy en día, gracias a los medios de comunicación online y sociales, principalmente redes sociales, lo que un individuo comparte puede llegar a millones de personas en cuestión de segundos, pero no se detiene ahí, ya que tras una interacción: una persona se lo dirá a otra, y a otra, y así sucesivamente, por lo que con cada reenvío el marketing boca a boca tiene un potencial de crecimiento exponencial (Ortega, 2022), siendo la estrategia elegida para el presente proyecto por el hecho de que con ella será posible que los participantes de las actividades sean los encargados de difundir entre las personas de su círculo cercano la importancia de la conservación y la protección del ajolote como del papel que juega el Acuario Invernadero Chapingo en esta situación, así como la difusión en redes sociales.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Obtención de información

Es necesario precisar que la reproducción y conservación del Ajolote mexicano se lleva a cabo dentro de las instalaciones del Acuario Invernadero Chapingo (Imagen 2).



Imagen 2. Acuario Invernadero Chapingo. Universidad Autónoma Chapingo

Para la obtención de la información y desarrollar las estrategias de marketing se analizará el entorno interno y externo, por lo que se llevará a cabo encuestas a los visitantes del acuario invernadero Chapingo, las cuales tengan como finalidad conocer el tipo de audiencia (clientes) que se tiene, además del conocimiento que se tenga del Ajolote mexicano y cuáles son sus perspectivas o sugerencias para aportar a su conservación. También en las encuestas nos daremos cuenta que tipo de herramientas digitales consumen más la audiencia y en que medios se informan sobre los temas que les interesan.

Después, con los datos obtenidos se segmenta la audiencia a la que serán dirigidas las estrategias que se llevarán a cabo, a fin de crear estrategias y experiencias personalizadas que tengan una mayor probabilidad de éxito. Posteriormente, se definirán los objetivos que tienen las estrategias de marketing, ya que serán su base. Con estas bases se desarrollará el mensaje clave que será dirigido a la audiencia que elegimos anteriormente. El mensaje de “Importancia de la conservación del ajolote para la biodiversidad mexicana” se deberá transformar en actividades, talleres, cursos, exposiciones y experiencias para ser transmitidas. Desde el inicio del desarrollo de las estrategias se deberá considerar las posibles alianzas estratégicas que se formarán, esto podría ayudar a construir una red de apoyo. Al término de la realización de las estrategias se deben medir los

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

resultados obtenidos mediante los indicadores que se definen en los objetivos para poder analizar los datos obtenidos.

Resultados y discusión

Las encuestas realizadas a los visitantes del invernadero Acuario Chapingo Dieron como resultado los siguientes:

El 60% de los visitantes del acuario son estudiantes, los cuales son de gran importancia ya que el enfoque se quiere dar para la difusión es el de educación para la conservación de acuario, y estos manejan un interés por seguir conociendo sobre el tema. El otro 30% de los visitantes son académicos de diferentes niveles escolares, quienes dentro de la estrategia de marketing son de importancia, ya que son considerados como actores de difusión de “boca en boca”, invitando a sus colegas a hacer la invitación a los alumnos que manejan. El 10% de los visitantes es el público en general, quienes juegan el papel de difundir en toda la comunidad el conocimiento que han adquirido en su visita al acuario, y manifiestan están interesados en ayudar a conservar al Ajolote Mexicano.

Estos resultados nos permiten enfocar diferentes estrategias para cada audiencia identificada y audiencia potencial en el exterior. La estrategia digital será la difusión de contenido de la importancia de la conservación del ajolote y el trabajo que se está realizando en el Acuario invernadero Chapingo, realizando posteos en las redes sociales más utilizados por la audiencia que visita el acuario, que de acuerdo con la encuesta realizada son: Facebook e Instagram, sin dejar a lado las páginas oficiales de la Universidad Autónoma Chapingo y propiamente la del Acuario Invernadero Chapingo.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

La difusión fuera del acuario se realizaron trípticos (Imagen 3), que brindan información sobre el trabajo que se realiza para la conservación de ajolote mexicano y la importancia de su conservación



Imagen 3. Tríptico para la difusión de la importancia de la conservación del ajolote mexicano

También se elaboraron planes de visitas guiadas al Invernadero (Imagen 3), con la temática del “Importancia de la conservación del ajolote para la biodiversidad mexicana”, a la cual tuvo una respuesta favorable por parte de la audiencia convocada.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024



Imagen 4. Visita guiada en el Acuario Invernadero Chapingo

Conclusiones

Las estrategias de marketing son de gran ayuda e importancia para una empresa, para que pueda posicionarse en el mercado y en el gusto de los consumidores, pero también es importante en proyectos de difusión cultural y científica, como es el caso de este proyecto, el cual ha visto resultados de la difusión, como un mayor número de visitantes en el acuario invernadero Chapingo que tienen un interés específico en su visita por el ajolote. Aunque se ha llevado a cabo el trabajo de difusión de la conservación del Ajolote mexicano, no es suficiente, se necesita unir esfuerzos con actores de la comunidad científica, escolar y económica para un mejor trabajo de conservación y aprovechamiento. Por lo que este trabajo es un primer paso a la difusión de la ciencia y específicamente de la conservación del Ajolote mexicano, para después dar paso a la concientización de su preservación en su hábitat natural y que no solo sea trabajo de la comunidad científica, sino de todas las personas y principalmente aquellas que comparten su hábitat al natural.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Referencias bibliográficas

- Hernández Garnica, C., & Maubert Viveros, CA (2009). *Fundamentos de Marketing* (1a ed.). Estado de México: Pearson Educación de México.
- Kotler, P. y Gary, A. (2007). *Marketing. Versión para Latinoamérica* (decimoprimer edición). México: Pearson Educación.
- Munuera Alemán, JL, & Rodríguez Escudero, AI (2012). *Estrategias de marketing. Un enfoque basado en el proceso de dirección* (2da edición). Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor.
- Aguilar López, JL, López Sánchez, J., & Villar Salazar, C. (2013). Ajolote, letra por letra. *El color de la ciencia*, 78–83.
- Aguilar Moreno, R., & Rogelio, AA (2019). El mítico monstruo del lago: la conservación del ajolote de Xochimilco. *Revista Digital Universitaria*, 20, Núm. 1 .
- Ayuso Cortina, B. (2015). *El Marketing “De boca en boca”* (Universidad Pontifica Comillas, Madrid, España). Recuperado de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/3280>
- Julia Gómez, L., & Pierini Aversano, M. (2018). Mercadotecnia 2.0. Marketing en la web, marketing digital, marketing online. *Revista CEA*, 2, Núm. 2 , 60–70.

Referencia Electrónica

- Un refugio para una especie endémica en peligro de extinción. (s/f). Recuperado el 9 de febrero de 2024, de Museo del ajolote website: <https://museodelaxolote.org.mx/museo-del-axolote/>

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

El Programa Interno de Retorno del Proyecto de Inversión

Ramiro Martínez Cruz¹, Benigno Rodríguez Padrón², Samuel Rivera López²

Resumen

En la evaluación financiera de proyectos, ¿cuánto se recupera, periódicamente, de la inversión inicial, en el horizonte de análisis? Para responder a esta pregunta el objetivo fue definir el programa de retorno de la inversión, con base en la Tasa Interna de Retorno y el flujo de efectivo actualizado, en el horizonte de análisis, a través de la estructura del programa de amortización de créditos. Se obtuvo como resultado un programa, en el cual se indican los montos de recuperación de la inversión inicial y el Valor Actual Neto generados periódicamente, en el horizonte de análisis, al que se llamó Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión o, por sus siglas, PIR del proyecto de inversión. Se recomienda incorporar el PIR del proyecto de inversión a la metodología tradicional de evaluación financiera de proyectos ya que permite control en la recuperación de la inversión y claridad en la generación de las utilidades, periódicamente, en el horizonte de análisis.

Palabras clave: Inversión, Flujo de efectivo, Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Programa Interno de Retorno.

Abstract

In the financial evaluation of projects, how much is recovered, annually, from the initial investment, over the analysis horizon? To answer this question, the objective was to define the investment return program, based on the Internal Rate of Return and the updated cash flow, in the analysis horizon, through the structure of the credit amortization program. The result was a program, which indicates the recovery amounts of the initial investment and the Net Present Value generated annually, in the analysis horizon, which was called the Internal Return Program of the investment project or, by its acronym, IRP of the investment project. It is recommended to incorporate the IRP of the investment project into the traditional methodology of financial evaluation of projects since it allows control in the recovery of the investment and clarity in the generation of profits, annually, in the analysis horizon.

Keywords: Investment, Cash Flow, Net Present Value, Internal Rate of Return, Internal Return Program.

Introducción

En los proyectos de inversión, la evaluación financiera determina la rentabilidad que se produce internamente y la compara contra el costo de oportunidad de los factores de la producción del negocio; de esta forma si la Tasa Interna de Retorno es mayor al costo de oportunidad del proyecto, la inversión se acepta, el dictamen es positivo y se recomienda su implementación, de lo contrario

¹ Universidad Politécnica de Texcoco, Carretera Federal Los Reyes Texcoco Km 14.2 s/n. Col. San Miguel Coatlinchán. C.P. 56250, Texcoco, Estado de México.

² Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

Correo: ramiro.martinez@uptex.edu.mx; brodriguezp@chapingo.mx; sriveral@chapingo.mx

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

se rechaza, el dictamen es negativo y no se recomienda su implementación (Martínez et al., 2019). Pero ¿Qué pasa cuando el dictamen es positivo y las acciones de planear el largo plazo para la implementación continúan? Se requiere tomar nuevas decisiones, ahora enfocadas al control de la gestión de la inversión en el largo plazo. En este ámbito es importante conocer la forma y cantidades en las que se debe recuperar la inversión inicial realizada y las cantidades en que se genera la utilidad neta, en el horizonte de análisis. Tal situación requiere de un análisis cuantitativo profundo que permite al emprendedor conocer el programa de retorno de la inversión, generado a partir del flujo de efectivo actualizado y la Tasa Interna de Retorno del proyecto.

Por lo tanto, el problema central de la investigación es determinar cuánto se recupera, periódicamente, de la inversión inicial, en el horizonte de análisis. El programa de retorno de la inversión así obtenido es un modelo financiero que sirve de guía para el control y cumplimiento de las metas financieras operativas del negocio en el horizonte de análisis. Esto genera mayor confianza y menor riesgo en la recuperación de las inversiones realizadas y mejora la toma de decisiones. La hipótesis central de la investigación establece que, en todo proyecto de inversión, el valor de retorno de la inversión es igual al flujo de efectivo actualizado menos el Valor Actual Neto, en cada período regular del horizonte de análisis. Esto es:

$$A_t = FEA_t - VAN_t$$

Donde:

A_t = Valor de retorno de la inversión en el período t.

FEA_t = Flujo de efectivo actualizado en el período t.

VAN_t = Valor Actual Neto en el período t.

De esta forma, se tiene como objetivo definir el programa interno de retorno de la inversión, con base en la Tasa Interna de Retorno y el flujo de efectivo actualizado, en el horizonte de análisis, a través de la estructura del programa de amortización de créditos. Para lograrlo se requiere de calcular el valor de retorno de la inversión inicial y el Valor Actual Neto, generado periódicamente por la inversión, en cada período regular del horizonte de análisis. El Valor Actual Neto mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento 0 (Sapag, 2011, p. 300). Se realiza el cálculo del Valor Actual Neto del horizonte de análisis, pero no se indica la cantidad de Valor Actual Neto que se genera en cada periodo de análisis. Por otro lado, la tasa interna de retorno (TIR) mide la rentabilidad como porcentaje.

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado. Una parte del flujo va a pagar la rentabilidad deseada y otra va a recuperar la inversión (Sapag, 2011, p. 307). La recuperación así obtenida es una recuperación acelerada. Sin embargo, podemos hacer que la recuperación se realice de manera equitativa, diferida en el horizonte de análisis, con base en la TIR, el FEA y la teoría de amortización de créditos. La amortización financiera se define como el proceso por medio del cual

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

se cancela una deuda junto con sus intereses, mediante una serie de pagos, en un tiempo determinado, donde cada cuota de pago tiene dos componentes: interés y abono al capital. Es a esta acción lo que se conoce como composición de los pagos del crédito. Para que la deuda se amortice se requiere que, al menos, algunas cuotas sobrepasen el costo financiero y haya abono al capital (Meza, 2013, p. 71-72).

En la amortización cada renta o pago sirve para cubrir los intereses y reducir el capital; es decir, cada pago está compuesto por capital e intereses (Mora, 2009, p. 220). Si tenemos que el pago total de la amortización del crédito es equivalente al flujo de efectivo actualizado en proyectos, entonces, el flujo de efectivo actualizado del proyecto está compuesto por capital e intereses generados, es decir, una parte de recuperación de la inversión inicial y otra parte que corresponde a el Valor Actual Neto generado periódicamente. Con base en esta equivalencia es posible generar el Programa Interno de Retorno de la Inversión del proyecto. Enríquez (2018, p. 141) indica, que las tablas de amortización de un crédito son la forma como un crédito se amortizaría hasta su fecha de vencimiento, es decir, cómo liquidaremos el capital principal del préstamo hasta su vencimiento. Establece la tabla de amortización de un préstamo con base en 6 columnas: la primera columna de período, la segunda de saldo inicial, la tercera de intereses, la cuarta de pago a capital, la quinta de pago total y la sexta columna de saldo final. Meza (2013, p. 72) coincide afirmando que, al diseñar un plan de amortización de una deuda se acostumbra construir la tabla de amortización, que registra período a período la forma como va evolucionando el pago de la deuda y establece que la tabla de amortización debe contener como mínimo 5 columnas: la primera muestra los períodos de pago, la segunda muestra el valor de la cuota periódica, la tercera el valor de los intereses, la cuarta muestra el abono a capital y la quinta columna muestra el saldo de la deuda.

Los pagos en los créditos son equivalentes al flujo de efectivo en el proyecto. Comprender la composición de los pagos en los créditos permite comprender la composición de los flujos en el proyecto. Como se indicó, los pagos en créditos están compuestos por intereses y abono a capital. Los flujos en los proyectos están compuestos por el Valor Actual Neto y la recuperación de la inversión inicial. Este conocimiento permite comprender la forma cuantitativa en que se va recuperando la inversión inicial y se va generando el Valor Actual Neto en cada período del horizonte de análisis del proyecto.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo con base en los siguientes métodos:

- El flujo de efectivo actualizado del proyecto.
- La Tasa Interna de Retorno del proyecto de inversión.
- El Valor Actual Neto del proyecto de inversión.
- El programa de amortización de créditos.

Se consideró la siguiente información hipotética de un proyecto de inversión.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

1. Inversión: \$ 2,000,000.
2. Horizonte: 5 periodos.
3. Tasa de actualización: 10 % anual.
4. Flujo de efectivo actualizado como se indica en el cuadro 1.
5. Tasa Interna de Retorno: 23.44 %
6. Valor Actual Neto: \$ 729,366.

Cuadro 1. Flujo de efectivo actualizado al 10 %

PERÍODO	IT	CT	FE	TA	ITA	CTA	FEA
0	-	2,000,000	- 2,000,000	1.0000	-	2,000,000	- 2,000,000
1	940,000	220,000	720,000	0.9091	854,545	200,000	654,545
2	940,000	220,000	720,000	0.8264	776,860	181,818	595,041
3	940,000	220,000	720,000	0.7513	706,236	165,289	540,947
4	940,000	220,000	720,000	0.6830	642,033	150,263	491,770
5	940,000	220,000	720,000	0.6209	583,666	136,603	447,063
TOTAL	4,700,000	3,100,000	1,600,000		3,563,340	2,833,973	729,366
		TIR =	23.44%			VAN =	729,366

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos, 2024.

IT = Ingreso total. CT = Costo total. FE = Flujo de efectivo. TA = Tasa de Actualización. ITA = Ingreso total actualizado. CTA = Costo total actualizado. FEA = Flujo de efectivo actualizado. TIR = Tasa Interna de Retorno. VAN = Valor Actual Neto.

Para realizar el análisis, la información del flujo de efectivo actualizado del proyecto (Cuadro 1) se lleva a la estructura del programa de amortización del crédito (Cuadro 2), en el horizonte de 5 años de análisis. Se coloca en el lugar correspondiente la inversión inicial, el Valor Actual Neto total y el flujo de efectivo actualizado de cada período regular del horizonte de análisis del proyecto.

Cuadro 2. Estructura del programa de amortización del crédito

PERÍODO	FECHA	SII	A	I	PT	SIF
0	01-ene-24	2,000,000				
1	01-ene-25				654,545	
2	01-ene-26				595,041	
3	01-ene-27				540,947	
4	01-ene-28				491,770	
5	01-ene-29				447,063	
TOTAL			2,000,000	729,366	2,729,366	

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos, 2024.

SII = Saldo insoluto inicial. A = Abono a capital. I = Interés. PT = Pago total. SIF = Saldo insoluto final.

En proyectos de inversión son cinco las categorías financieras que definen la evaluación financiera y se corresponden con cinco categorías financieras del análisis de créditos. De esta forma, las categorías financieras equivalentes en proyectos de inversión y en análisis de créditos son:

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Proyecto de inversión	=	Crédito
Inversión inicial	=	Capital
Horizonte	=	Plazo
Flujo de efectivo actualizado	=	Pago total
Tasa Interna de Retorno	=	Tasa de interés
Valor Actual Neto	=	Interés

Las categorías financieras equivalentes en proyectos y créditos permiten comprender la conversión del flujo de efectivo actualizado del proyecto (Cuadro 1), a la estructura del programa de amortización del crédito (Cuadro 2). A partir de la información del flujo de efectivo actualizado presente en el programa de amortización del crédito se realizan las operaciones correspondientes.

1. Se calcula la Tasa Interna de Retorno Actualizada con base en la Tasa Interna de Retorno y la Tasa de Actualización definida, aplicando la fórmula siguiente:

$$TIRA = \left(\left(\frac{1 + \left(\frac{TIR}{100} \right)}{1 + \left(\frac{TA}{100} \right)} \right) - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

Donde:

TIRA = Tasa Interna de Retorno Actualizada.

TIR = Tasa Interna de Retorno.

TA = Tasa de Actualización.

2. Se calcula el saldo insoluto final de cada período regular de análisis, a partir del período 0, aplicando la fórmula:

$$SIF_t = SII_t - A_t \quad (2)$$

Donde:

SIF_t = Saldo insoluto final del período t.

SII_t = Saldo insoluto inicial del período t.

A_t = Abono a capital del período t.

3. Se calcula el saldo insoluto inicial de cada período regular de análisis, a partir del período 1, aplicando la fórmula:

$$SII_t = SIF_{t-1} \quad (3)$$

Donde:

SII_t = Saldo insoluto inicial del período t.

SIF_{t-1} = Saldo insoluto final del período t-1.

4. Se calcula el interés de cada período regular de análisis, a partir del período 1, aplicando la fórmula:

$$I_t = SII_t * TIRA \quad (4)$$

Donde:

I_t = Interés del período t.

SII_t = Saldo insoluto inicial del período t.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

TIRA = Tasa Interna de Retorno Actualizada.

5. Se calcula el abono a capital de cada período regular de análisis, a partir del período 1, aplicando la fórmula:

$$A_t = PT_t - I_t \quad (5)$$

Donde:

A_t = Abono a capital del período t.

PT_t = Pago total del período t.

I_t = Interés del período t.

Cuadro 3. Fórmulas del programa de amortización del crédito

PERÍODO	FECHA	SII	A	I	PT	SIF
0	01-ene-24	2,000,000	0	0	0	=SII ₀ -A ₀
1	01-ene-25	=SIF ₀	=PT ₁ -I ₁	=SII ₁ *TIRA	654,545	=SII ₁ -A ₁
2	01-ene-26	=SIF ₁	=PT ₂ -I ₂	=SII ₂ *TIRA	595,041	=SII ₂ -A ₂
3	01-ene-27	=SIF ₂	=PT ₃ -I ₃	=SII ₃ *TIRA	540,947	=SII ₃ -A ₃
4	01-ene-28	=SIF ₃	=PT ₄ -I ₄	=SII ₄ *TIRA	491,770	=SII ₄ -A ₄
5	01-ene-29	=SIF ₄	=PT ₅ -I ₅	=SII ₅ *TIRA	447,063	=SII ₅ -A ₅
TOTAL			2,000,000	729,366	2,729,366	

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos, 2024.

Aplicando los pasos anteriores se tiene:

Se calcula la TIRA utilizando la fórmula 1, y permanece constante en el horizonte de análisis.

$$TIRA = \left(\left(\frac{1 + \left(\frac{23.44}{100} \right)}{1 + \left(\frac{10}{100} \right)} - 1 \right) * 100 \right)$$

$$TIRA = \left(\left(\frac{1 + 0.2344}{1 + 0.10} - 1 \right) * 100 \right)$$

$$TIRA = \left(\left(\frac{1.2344}{1.10} - 1 \right) * 100 \right)$$

$$TIRA = (1.1222 - 1) * 100$$

$$TIRA = 0.1222 * 100$$

$$TIRA = 12.22\%$$

Programa del período 0

El A, I y el PT son cero, debido a que es el instante cero y no ha pasado tiempo.

Se calcula el SIF del período 0 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_0 = SII_0 - A_0$$

$$SIF_0 = 2,000,000 - 0$$

$$SIF_0 = 2,000,000$$

Ver el programa del período 0 (Cuadro 4).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Programa del período 1

Se calcula el SII del período 1 aplicando la fórmula 3:

$$SII_1 = SIF_{1-1}$$

$$SII_1 = SIF_0$$

$$\mathbf{SII_1 = 2,000,000}$$

Se calcula el I del período 1 aplicando la fórmula 4:

$$I_1 = SII_1 * TIRA$$

$$I_1 = 2,000,000 * 12.22\%$$

$$\mathbf{I_1 = 244,328}$$

Se calcula el A del período 1 aplicando la fórmula 5:

$$A_1 = PT_1 - I_1$$

$$A_1 = 654,545 - 244,328$$

$$\mathbf{A_1 = 410,217}$$

Se calcula el SIF del período 1 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_1 = SII_1 - A_1$$

$$SIF_1 = 2,000,000 - 410,217$$

$$\mathbf{SIF_1 = 1,589,783}$$

Ver el programa del período 1 (Cuadro 4).

Programa del período 2

Se calcula el SII del período 2 aplicando la fórmula 3:

$$SII_2 = SIF_{2-1}$$

$$SII_2 = SIF_1$$

$$\mathbf{SII_2 = 1,589,783}$$

Se calcula el I del período 2 aplicando la fórmula 4:

$$I_2 = SII_2 * TIRA$$

$$I_2 = 1,589,783 * 12.22\%$$

$$\mathbf{I_2 = 194,214}$$

Se calcula el A del período 2 aplicando la fórmula 5:

$$A_2 = PT_2 - I_2$$

$$A_2 = 595,041 - 194,214$$

$$\mathbf{A_2 = 400,827}$$

Se calcula el SIF del período 2 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_2 = SII_2 - A_2$$

$$SIF_2 = 1,589,783 - 400,827$$

$$\mathbf{SIF_2 = 1,188,955}$$

Ver el programa del período 2 (Cuadro 4).

Programa del período 3

Se calcula el SII del período 3 aplicando la fórmula 3:

$$SII_3 = SIF_{3-1}$$

$$SII_3 = SIF_2$$

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

$$SII_3 = 1,188,955$$

Se calcula el I del período 3 aplicando la fórmula 4:

$$I_3 = SII_3 * TIRA$$
$$I_3 = 1,188,955 * 12.22\%$$
$$I_3 = 145,248$$

Se calcula el A del período 3 aplicando la fórmula 5:

$$A_3 = PT_3 - I_3$$
$$A_3 = 540,947 - 145,248$$
$$A_3 = 395,699$$

Se calcula el SIF del período 3 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_3 = SII_3 - A_3$$
$$SIF_3 = 1,188,955 - 395,699$$
$$SIF_3 = 793,256$$

Ver el programa del período 3 (Cuadro 4).

Programa del período 4

Se calcula el SII del período 4 aplicando la fórmula 3:

$$SII_4 = SIF_{4-1}$$
$$SII_4 = SIF_3$$
$$SII_4 = 793,256$$

Se calcula el I del período 4 aplicando la fórmula 4:

$$I_4 = SII_4 * TIRA$$
$$I_4 = 793,256 * 12.22\%$$
$$I_4 = 96,907$$

Se calcula el A del período 4 aplicando la fórmula 5:

$$A_4 = PT_4 - I_4$$
$$A_4 = 491,770 - 96,907$$
$$A_4 = 394,862$$

Se calcula el SIF del período 4 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_4 = SII_4 - A_4$$
$$SIF_4 = 793,256 - 394,862$$
$$SIF_4 = 398,394$$

Ver el programa del período 4 (Cuadro 4).

Programa del período 5

Se calcula el SII del período 5 aplicando la fórmula 3:

$$SII_5 = SIF_{5-1}$$
$$SII_5 = SIF_4$$
$$SII_5 = 398,394$$

Se calcula el I del período 5 aplicando la fórmula 4:

$$I_5 = SII_5 * TIRA$$
$$I_5 = 398,394 * 12.22\%$$

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

$$I_5 = 48,669$$

Se calcula el A del período 5 aplicando la fórmula 5:

$$A_5 = PT_5 - I_5$$

$$A_5 = 447,063 - 48,669$$

$$A_5 = 398,394$$

Se calcula el SIF del período 5 aplicando la fórmula 2:

$$SIF_5 = SII_5 - A_5$$

$$SIF_5 = 398,394 - 398,394$$

$$SIF_5 = 0$$

Ver el programa del período 5 (Cuadro 4).

Se obtuvo el programa de amortización del crédito (Cuadro 4), en el horizonte de análisis, en el que se indica la recuperación de la inversión (columna A) y el Valor Actual Neto generado (columna I).

Cuadro 4. Programa de amortización del crédito

PERÍODO	FECHA	SII	A	I	PT	SIF
0	01-ene-24	2,000,000	0	0	0	2,000,000
1	01-ene-25	2,000,000	410,217	244,328	654,545	1,589,783
2	01-ene-26	1,589,783	400,827	194,214	595,041	1,188,955
3	01-ene-27	1,188,955	395,699	145,248	540,947	793,256
4	01-ene-28	793,256	394,862	96,907	491,770	398,394
5	01-ene-29	398,394	398,394	48,669	447,063	-
TOTAL			2,000,000	729,366	2,729,366	

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos, 2024.

Finalmente, se ajusta la nomenclatura del programa de amortización de créditos a la nomenclatura de proyectos de inversión, obteniendo lo que se conoce como **Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión** (Cuadro 5).

Resultados y discusión

Se obtuvo como resultado un programa, en el cual se indican los montos de recuperación de la inversión inicial (columna A) y el Valor Actual Neto generados (columna VAN), en el horizonte de análisis, al que se llamó **Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión** (Cuadro 5).

Cuadro 5. Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión

PERÍODO	FECHA	SII	A	VAN	FEA	SIF
0	01-ene-24	2,000,000	0	0	0	2,000,000
1	01-ene-25	2,000,000	410,217	244,328	654,545	1,589,783
2	01-ene-26	1,589,783	400,827	194,214	595,041	1,188,955
3	01-ene-27	1,188,955	395,699	145,248	540,947	793,256
4	01-ene-28	793,256	394,862	96,907	491,770	398,394
5	01-ene-29	398,394	398,394	48,669	447,063	-
TOTAL			2,000,000	729,366	2,729,366	

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos, 2024.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

SII = Saldo insoluto inicial. A = Abono a capital. VAN = Valor Actual Neto. FEA = Flujo de efectivo actualizado. SIF = Saldo insoluto final.

Donde se observa que:

1. La inversión inicial se recupera periódicamente en las cantidades indicadas (columna A).
2. La sumatoria de la inversión recuperada periódicamente, en el horizonte de análisis, es igual al total de la inversión inicial realizada (columna A).
3. El Valor Actual Neto se genera periódicamente en las cantidades indicadas (columna VAN).
4. La sumatoria del Valor Actual Neto generado periódicamente, en el horizonte de análisis, es igual al total del Valor Actual Neto (columna A).
5. El Flujo de Efectivo Actualizado (columna FEA) es igual a la inversión recuperada (columna A) más el Valor Actual Neto generado (columna VAN), en cada período regular del horizonte de análisis.

Conclusiones

Se concluye:

Sí se cumple la hipótesis central planteada: En todo proyecto de inversión, el valor de retorno de la inversión es igual al flujo de efectivo actualizado menos el Valor Actual Neto, en cada período regular del horizonte de análisis. Esto es:

$$A_t = FEA_t - VAN_t$$

Donde:

A_t = Valor de retorno de la inversión en el período t.

FEA_t = Flujo de efectivo actualizado en el período t.

VAN_t = Valor Actual Neto en el período t.

El Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión es un modelo financiero que permite controlar la recuperación de la inversión inicial del proyecto, periódicamente, en el horizonte de análisis, generando mayor confianza y menor riesgo en la toma de decisiones de gestión de inversiones en el largo plazo.

Se recomienda:

Incorporar el Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión a la metodología tradicional de evaluación financiera de proyectos ya que permite controlar la recuperación de la inversión inicial del proyecto, periódicamente, en el horizonte de análisis, generando mayor confianza y menor riesgo en la toma de decisiones de gestión de inversiones en el largo plazo. Complementa la evaluación financiera de la metodología tradicional.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Llamar PIR del proyecto de inversión al Programa Interno de Retorno del proyecto de inversión.

Referencias bibliográficas

- Baca U., G. (2016). *Evaluación de proyectos (8a. ed.)*. México: McGrawHill.
- Córdoba P., M. (2017). *Formulación y evaluación de proyectos (2a ed.)*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Enríquez E., A. (2018). *Matemáticas financieras. Aplicaciones en Excel*. México: Ecoe Ediciones.
- Flórez U., J. (2017). *Proyectos de inversión para las PYME (4a. ed.)*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Martínez-Cruz, R. (2018). EL MODELO DEL PEZ: HERRAMIENTA DE APOYO EN FORMULACIÓN DE PROYECTOS. *Agro Productividad*, 11(3). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/228>
- Martínez-Cruz, R., Portillo-Vázquez, M., & Del Valle Sánchez, M. (2019). Propuesta metodológica para la evaluación de proyectos en cinco pasos. *Agro Productividad*, 12(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1372>
- Martínez-Cruz, R., Portillo-Vázquez, M., & del Valle-Sánchez, M. (2019). El ciclo del proyecto en los negocios. *Agro Productividad*, 12(4). <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1355>
- Meza O., J. (2017). *Evaluación financiera de proyectos (4a. ed.)*. Colombia: Ecoe ediciones.
- Mora Z., A. (2009). *Matemáticas financieras (3a. ed.)*. México: Alfaomega.
- Murcia M., J., et al. (2009). *Proyectos, formulación y criterios de evaluación*. Colombia: Alfaomega.
- Rodríguez C., V. (2013). *Formulación y evaluación de proyectos*. México: LIMUSA.
- Sapag C., N. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación (2a ed.)*. Chile: PEARSON.
- Sapag C., N., Sapag C., R. & Sapag P. M. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos (6a ed.)*. México: McGrawHill.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Mujeres jornaleras migrantes y su aporte al Desarrollo económico regional en los valles de Autlán de Navarro Jalisco

Julia Magdalena Ávalos López¹, Imelda Rosana Cih Dzul², Evangelina Jasso Romero², Arturo Moreno Hernández²

Resumen

Este trabajo analizó la aportación de la mano de obra de las jornaleras agrícolas migrantes en los cultivos de hortalizas en el valle de Autlán, el rol que desempeñan en las unidades familiares y su contribución al Desarrollo económico regional. Se cuantificó y comparó el desempeño laboral y doméstico, así como su aportación económica en sus hogares y a nivel regional. Se visitó albergues de dos empresas agrícolas y se aplicaron sesenta cuestionarios a jornaleras agrícolas migrantes seleccionadas de acuerdo con un muestreo aleatorio. Para la obtención de la información de campo se utilizó un cuestionario que incluyó variables como a) datos particulares de las jornaleras agrícolas b) aspectos familiares c) laborales d) económicos e) sociales y f) salud. En los resultados se encontró que el lugar de procedencia de las jornaleras es: Veracruz (54.1%), Guerrero (24.6%), y Oaxaca (1.6%) principalmente. Las razones de migración se deben a la búsqueda de un mejor nivel de vida y la escasez de trabajo en su lugar de origen. La aportación laboral y económica es significativo para las familias de las jornaleras migrantes y el ingreso recibido en las unidades familiares es destinado primordialmente al consumo de alimentos. La derrama económica en la región se aprecia por la demanda de alimentos, transporte y servicios por parte de los trabajadores agrícolas.

Palabras claves: Jornaleras agrícolas, Migración y Desarrollo económico

Abstract

This paper analyzed the labor contribution of migrant agricultural day laborers in vegetable crops in the Autlán Valley, the role they play in the family units and their contribution to regional economic development. Their labor and domestic performance was quantified and compared, as well as their economic contribution in their households and at the regional level. Shelters of two agricultural companies were visited and sixty questionnaires were applied to migrant agricultural day laborers selected according to a random sampling. To obtain field information, a questionnaire was used that included variables such as a) particular data on the agricultural day laborers, b) family aspects, c) labor, d) economic, e) social, and f) health. The results showed that the day laborers' place of origin is mainly Veracruz (54.1%), Guerrero (24.6%), and Oaxaca (1.6%). The reasons for migration are due to the search for a better standard of living and the scarcity of work in their place of origin. The labor and economic contribution is significant for the families of migrant day laborers and the income received in the family units is primarily used for food consumption. The

¹ Lic. En Administración. Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara.

². Profesor(a) Investigador(a). Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional. 151, Autlán de Navarro, Jalisco. Autor de correspondencia: imelda.cih@academicos.udg.mx.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

economic spillover in the region can be seen in the demand for food, transportation and services by the agricultural workers.

Keywords: Agricultural day laborers, Migration and Economic Development

Introducción

La migración es un fenómeno histórico a nivel nacional e internacional, originado y asociado a diferentes sucesos y factores de tipo económico, político y social. Las personas se trasladan de un país a otro o en su defecto, en su mismo país, pero en otras regiones diferentes, dejando huella tanto en su lugar de origen como en su lugar de destino. La necesidad de un mejor nivel de vida y mayor bienestar a su familia da como consecuencia que los integrantes de la familia, principalmente el padre, busque otras alternativas y salga en busca de nuevas oportunidades. La migración es un fenómeno ampliamente analizado, Gutiérrez et al., (2020), lo describe como un proceso complejo y donde las características como: la edad, sexo, estado civil y aspectos educativos ejercen una fuerte influencia para dicho proceso migratorio. Menciona que los factores de atracción determinan la orientación de los flujos migratorios al punto de destino e incluyen la disponibilidad de trabajo, acceso a bienes y servicios, libertad religiosa o política, facilidades en materia de educación, atención médica y otros servicios favorables para el desarrollo económico y social de las personas, que lo hacen atractivas hacia las áreas de destino y las convierten en receptoras de población.

Por su parte Aruj (2008), describe que el país receptor aparece, imaginariamente, como un espacio de grandes oportunidades e ingresos, la búsqueda de mejores condiciones de vida y motoriza los movimientos migratorios. Lo anterior puede generar o incrementar algunas consecuencias como: competencia laboral, pérdida de empleo, disminución de salarios, surgir nuevos bolsones de pobreza, aumento de la discriminación, la xenofobia, etc. Algunos de los efectos positivos de la emigración se relacionan con los logros comerciales que pueden desarrollarse con las remesas. Algunas consideraciones para entender la migración, es poder diferenciar entre los principales conceptos asociados a ella. De acuerdo con Gómez (2010), la migración tiene dos componentes: la salida de las personas o emigración y la entrada o inmigración puede ocurrir dentro de las fronteras nacionales o fuera de ellas, y además, puede darse de manera voluntaria o forzada. Aunado a ello, además de los factores sociales, económicos y naturales que el autor menciona, enfatiza que hay que analizar si el trabajo del inmigrante es sustituto o complementario frente al nativo, condición del trabajador inmigrante entre regular e irregular y su tratamiento en materia salarial.

De acuerdo con Ramírez (1992), menciona que la migración interna son aquellos movimientos de población que ocurren al interior de un mismo país, es decir, acontecen desplazamientos entre municipios, estados, condados, distritos o regiones. Valera (2017) diferencia de la migración interna, cuya característica de esta realidad es la persistente asimetría económica en el entorno nacional, lo que significa entidades con mayor prosperidad que otras. A partir de este escenario se entiende que la desigualdad en los ingresos regional, la pobreza extrema y el desempleo estructural, son detonantes fundamentales de la migración interna. Si bien otro aspecto singular de los flujos migratorios internos es que también encuentran vínculos con la inversión productiva y el desarrollo local de las comunidades. Todos estos factores de orden macroeconómico, regional y local,

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

sumados a los atributos socioeconómicos de los miembros de los hogares, pueden eventualmente incidir en la migración que ocurre entre los estados de la república mexicana, y al interior de ellos. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2021), de los casi 3.3 millones de personas que migraron en el territorio mexicano entre 2005 y 2010, 1.3 millones se concentró en cinco entidades federativas: al Estado de México se dirigió 17.7%, a la Ciudad de México el 7.3%, a Veracruz 6.3%, a Jalisco 4.9% y a Baja California 4.7% del total nacional, acumulando entre las cinco el 40.8% del periodo.

Jalisco como estado receptor de población migrante, ofrece oportunidades de empleo tanto en zonas urbanas como en zonas rurales ocupadas en actividades principalmente en el sector agropecuario. Las características que ofrecen las zonas receptoras son un ingreso remunerado y condiciones sociales y económicas mejor que en su lugar de origen. Las migraciones internas orientadas hacia el sector agrícola, generalmente ocurre con familias completas, donde la mano de obra familiar (incluyendo a la mamá y los hijos) son utilizadas como parte de las estrategias familiares con la finalidad de obtener un mayor ingreso. Los jornaleros agrícolas tienden a trabajar por estaciones (determinado por la producción agrícola estacional), que da como resultado que su ingreso dependa del periodo de producción y meses durante el año que no perciben ingresos. En Jalisco según el IIEGJ (2023), las estadísticas del número de trabajadores asegurados en el IMSS han incrementado exponencialmente en la última década. Como se muestra en la Figura 1, la mayoría de ellos son trabajadores migrantes eventuales y un porcentaje cada vez mayor es de mujeres.

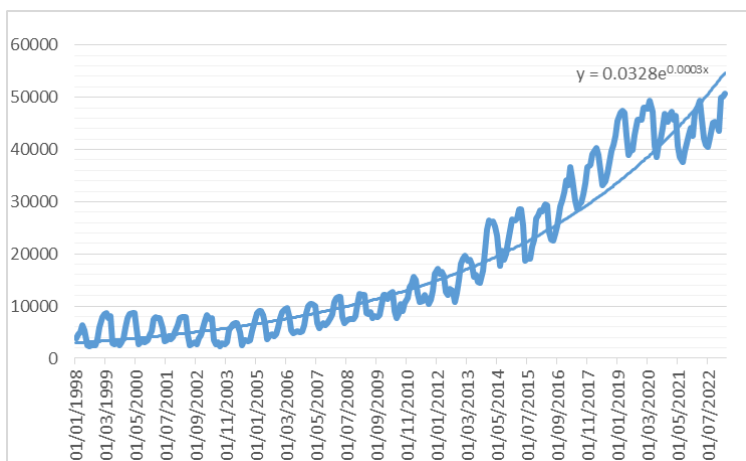


Figura 1. Número de trabajadores eventuales registrados en el IMSS- Jalisco

Fuente: Fuente: Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, IIEGJ. 2023

La producción de cultivos hortícolas y agroindustriales en los valles de Autlán Jalisco representa una derrama económica que contribuye al Desarrollo económico de la región, sin embargo, la cantidad de mano de obra que se necesita es insuficiente por lo que productores y agro empresas de la región se ven en la necesidad de contratar trabajadores provenientes de otros estados para solventar sus necesidades empresariales. Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar de qué manera la mano de obra de las jornaleras agrícolas migrantes, contribuye al

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Desarrollo económico de la región. Así mismo, analizar cómo se da este proceso en el ámbito laboral y el impacto que tiene en las unidades familiares migrantes.

Materiales y métodos

La presente investigación hace referencia a un estudio de análisis comparativo y analítico, donde se presenta diferencias y similitudes entre las mujeres jornaleras migrantes que trabajan arduamente en los campos de cultivos de hortalizas y participan con el ingreso y gasto social en sus hogares. Se utilizó la entrevista como técnica de recolección de información con la población. Así mismo, se entrevistó a diferentes autoridades e instituciones públicas municipales involucradas en la problemática de la población. Cabe resaltar que el presente estudio es una investigación descriptiva, analítica y de corte transversal. La secuencia metodológica se llevó a cabo en tres etapas:

I. Primera etapa. Se realizó una revisión bibliográfica documental y una investigación exploratoria de campo, visitando las zonas productoras de hortalizas y la ubicación de albergues de los jornaleros. Se consideró unidades de investigación, albergues (galeras), asentamientos irregulares y empresas agrícolas productoras de hortalizas.

II. Segunda etapa. Se llevó a cabo la aplicación de cuestionarios estructurados a jornaleras migrantes con la finalidad de obtener información a través de las siguientes variables: a) Datos particulares: nombre, edad, estado y municipio de origen, estado civil, escolaridad y lengua indígena, b) Aspectos familiares: integrantes que conforman su familia, número de hijos, tipo de migración que realizan (temporal o cíclica) y tiempo que lleva migrando con fines laborales, c) Aspecto laboral: la forma de contratación, traslado a su lugar de trabajo, datos de información de las actividades que realiza dentro de la empresa, tiempo trabajando en la empresa, salario, d) Aspecto económico: ahorro, inversión, gasto y pago de servicios, d) Aspectos sociales: organización de actividades familiares y e) Salud: enfermedades comunes, accidentes durante su jornada laboral y su planeación familiar. Por otra parte, se aplicó entrevistas a instituciones locales gubernamentales como: a) La mesa de atención a jornaleros agrícolas migrantes (MAJM), b) El sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), c) Instituto Municipal de la Mujer (INM) y d) trabajadoras sociales pertenecientes a las organizaciones y empresas agrícolas involucradas.

III. Tercera etapa. Se llevó a cabo la tabulación de las encuestas aplicadas y se concentró la información en una base de datos en Excel. El análisis de la información y las variables en estudio se realizó con el apoyo del programa SPSS (Statistics Package Social Sciences). Se identificó y seleccionó las variables que dan cumplimiento a los objetivos del presente estudio.

Área de estudio

El trabajo de campo se llevó a cabo en el valle de Autlán de Navarro en el estado de Jalisco, municipio que se caracteriza por sus actividades de agricultura, donde se identificó diferentes puntos de asentamientos de jornaleros agrícolas migrantes: albergues (galeras) de empresas agrícolas productoras de hortalizas, principalmente tomate rojo de exportación.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

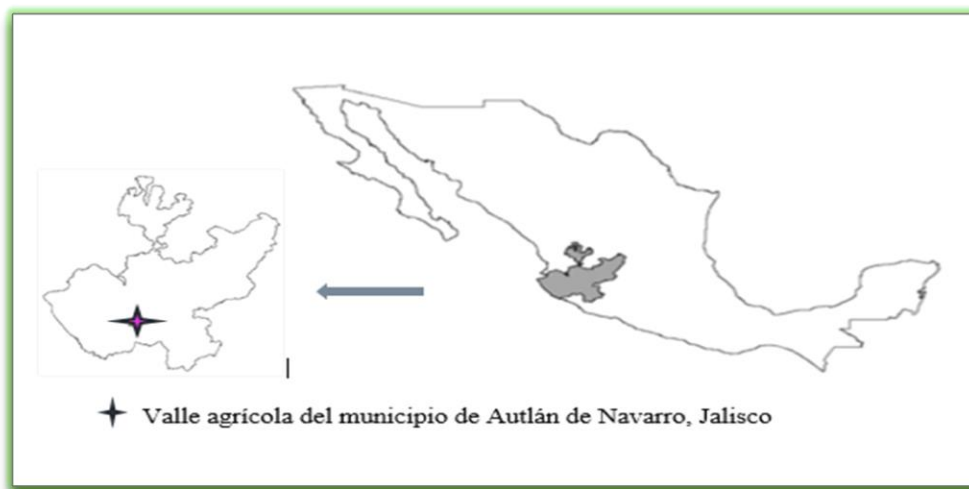


Figura 2. Representación geográfica del área de estudio

Muestra

La población que interesa es extensa y variable debido a los flujos migratorios cíclicos como consecuencia de la demanda de trabajo que existe en la región y la estacionalidad de la producción. Se optó por utilizar una muestra estadística que sea representativa (en tamaño y característica) de la población. El objeto de estudio son todas las jornaleras que desempeñan actividades laborales en los campos de cultivo de hortalizas. Para determinar el tamaño de la muestra se consideró el total de mujeres por familia que viajan o permanecen después de la temporada de producción. Se recurrió a empresas productoras de hortalizas en el valle de Autlán y que albergan trabajadoras migrantes, encontrándose a) la empresa “Bonanza” que cuenta con 83 familias (cuyas madres o hijas trabajan y b) Productores “Los Casillas” que cuentan aproximadamente con 20 familias migrantes, cuyas madres trabajadoras o hijas se desempeñan como jornaleras en los campos de cultivo, por lo que nos da una población total de 103 mujeres que trabajan en el campo.

Se aplicó la fórmula para calcular el tamaño de la muestra aleatoria en poblaciones finitas:

$$n = \frac{(N * Z^2 * p * q)}{(e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q)} \quad (1)$$

Donde:

Z = nivel de confianza (estandarizado)

N = tamaño de la población

p = probabilidad de ocurrencia

q = probabilidad de no ocurrencia

n = tamaño de la muestra

e = error de estimación

Para determinar la muestra se consideró la fórmula anterior

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

$N = 103$

$e = 5\%$

$Z = 95\%$ de nivel de confiabilidad

$p = 0.90$

$q = 0.10$

Sustituyendo valores estimados:

$$n = (103) * (1.96)^2 * (0.9)(0.1) / (0.05)^2 = 59.28$$

un total de 60 cuestionarios aplicados a trabajadoras migrantes

Resultados y discusión

En la Figura 3, se muestra la edad de las 60 jornaleras encuestadas con un rango edad de 20 a 30 años. Las edades que más predominan son 20, 22, 23 y 30 años, mientras que la trabajadora de mayor edad fue de 49, las más jóvenes tienen 18. Esto claramente representa a las familias que migran para trabajar en los campos de hortalizas, en su mayoría están compuestas por parejas muy jóvenes, en la figura mencionada, se puede observar la tendencia, entre más edad es menor el número de mujeres que trabajan. Lo anterior coincide con la investigación de Romo (2013) el cual menciona que el aporte migratorio femenino muestra una distribución relativa similar a la de los hombres migrantes, aunque con una importante diferencia en la edad, el mayor peso de los grupos en edades económicamente activas de 15 a 29 años. A partir de los 30 y hasta los 59 años han predominado los hombres y dentro del grupo de 60 años y más, las mujeres han sido el conjunto mayoritario. Esto reitera el estrecho vínculo que existe entre la actividad laboral y la migración. Los datos encontrados en la investigación coinciden también con la información publicada por el INEGI (2021), quien describe que la población femenina en la migración internacional, al momento de emigrar 54% cuenta con una edad de entre 15 y 29 años; 34% cuando había cumplido entre 30 a 59 años; 7% menos de 15 años y sólo 4% tenían 60 y más años al momento de emigrar.

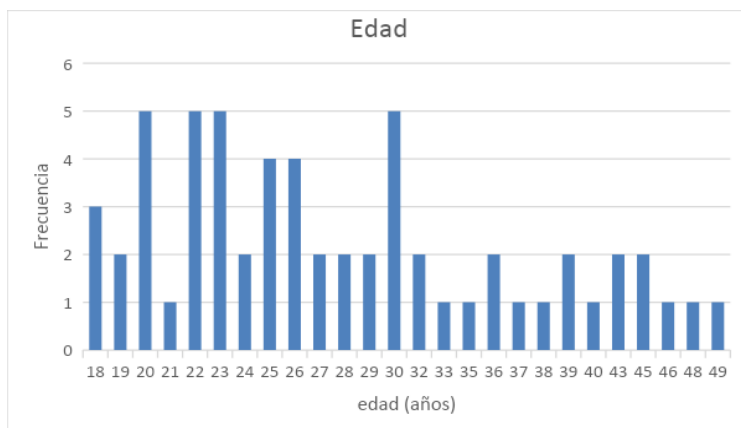


Figura 1. Edad de las jornaleras migrantes

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Con respecto al estado civil (Cuadro 1), se encontró que el rango predominante hace referencia aquellas que viven en unión libre (57.4%), le sigue aquellas que están casadas con 24.6%, solteras con 9.8% y 6.6% de las encuestadas eligieron la opción “Otra”; es decir, aquellas que están separadas o viudas. Cabe mencionar que, dentro de su estilo de vida, usos y costumbres, no acostumbran a registrar una identificación oficial, como es el acta de nacimiento, ello puede explicar en parte, la falta de costumbre de oficializar su matrimonio también.

Cuadro 1. Estado civil de las jornaleras migrantes

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Soltera	6	9.8	10.0	10.0
Casada	15	24.6	25.0	35.0
Unión libre	35	57.4	58.3	93.3
Otra	4	6.6	6.7	100.0
Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Información obtenida en campo a través de cuestionarios aplicados a trabajadoras

Flujo migratorio de mujeres jornaleras en el sur de Jalisco

En la Figura 4, se muestran los estados de origen del que proviene cada jornalera. El estado con mayor número de participación es Veracruz con 54.1%, el segundo estado de expulsión de jornaleras es Guerrero con 24.6%, el estado de Oaxaca también participa con 1.6%. Las causas que originaron la migración son diversas. El principal motivo de migración se debe a la falta de trabajo en su lugar de origen y las mujeres deciden el acompañamiento a su esposo para tener un mayor ingreso económico y brindar mejores condiciones económicas y calidad de vida a su familia. Lo anterior va de acuerdo con datos publicados por el INEGI (2021), quien describe que el principal motivo para la emigración (contexto internacional) es la búsqueda de trabajo o cambio de trabajo en 57% de los casos. Por otra parte, respecto a su cultura y etnia se identificó que 100% de las mujeres entrevistadas domina alguna lengua indígena, 60% dominan el náhuatl, lengua predominante en los jornaleros provenientes principalmente de Veracruz y Guerrero. La segunda con 17% es el mixteco, siguiéndole en orden de importancia el huasteco con 4.8% y tlapaneco 2.4%.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024



Figura 4. Flujo migratorio de mujeres jornaleras agrícolas migrante en el estado de Jalisco

Fuente: Información obtenida en campo a través de cuestionarios aplicados a trabajadoras

Es importante resaltar, que generalmente la migración jornalera, ocurre con familias completas que migran y en ocasiones acompañados con otras personas (familiares o amigos). Se encontró que 85% de las familias están integradas con la mamá, el papá y los hijos. En contraparte, 15% restante, además de la pareja e hijos, la acompañan otros familiares como son: los suegros, primos, hermanos o conocidos que fueron invitados a trabajar. En el seno familiar la cantidad de hijos es variable, que va desde 1 hasta 7 hijos. En la Figura 5 se observa la forma en que emigran desde su lugar de origen. Alrededor de 70% de las mujeres viajan por temporada, es decir, su permanencia es temporal y va de acuerdo con el cultivo que estén trabajando. Al terminar dicho proceso productivo regresan a su comunidad. En segundo lugar, se encuentran aquellas jornaleras que son permanentes (28%) y que junto con sus familiares decidieron quedarse a vivir en el lugar donde trabajan, determinado por distintos factores como: los beneficios que perciben al encontrar un trabajo estable, es decir, prestaciones y apoyos que les brinda la empresa, así como el acceso a más y mejores servicios, beneficios que no encuentran en su lugar de origen. Finalmente, con un porcentaje mínimo del 2% se encuentra la migración cíclica que consiste en viajar y trasladarse constantemente a otros cultivos y regiones dentro de la república mexicana en diferentes periodos del año sin regresar a su lugar de origen.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

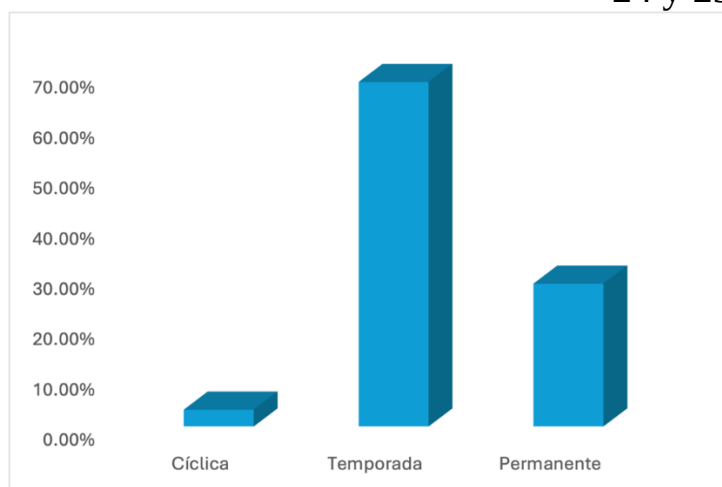


Figura 5. Periodos de migración de las familias jornaleras migrantes

Fuente: Información obtenida en campo a través de cuestionarios aplicados a trabajadoras

El 85% del total de las mujeres que habitan las galeras (albergues) se desempeñan como jornaleras agrícolas, realizando labores de campo en empresas hortícolas de la región con sistemas protegidos (invernaderos/malla sombra), las mujeres restantes (13.1%) que no trabajan en campo, permanecen en sus casas al cuidado de sus hijos y labores domésticas de su hogar o desempeñan su trabajo en la misma empresa pero en otras áreas de uso común del albergue como es: limpieza de la cocina o mantenimiento de la guardería (ubicada en el mismo albergue) y proporcionado por la misma empresa. Es importante mencionar que las empresas contratantes de migrantes son productoras de hortalizas, principalmente tomate rojo de exportación. Donde las actividades principales de las jornaleras en invernaderos consisten en el trasplante de plántulas, deshojar, quitar chupones a las plantas de tomate (hacer la guía) y finalmente trabajar en el corte del fruto en tiempos de cosecha, mientras que a diferencia de los cultivos en mallas sombra, las actividades fuertes son el corte, tirada y amarres de hilo, con ciclos más cortos y donde el tiempo de producción (cosecha) es de aproximadamente de 3 meses. El pago es a destajo y las mujeres pueden hacer horas extras, que conlleva a un pago adicional que se traduce en un mayor ingreso y gasto para el consumo de la familia. Se encontró que el tiempo de antigüedad laborando en la empresa oscila entre 1 a 6 años, por lo que cada año regresan a laborar por los beneficios que conlleva el trabajo y la remuneración. En lo que se refiere a su desempeño laboral y remuneración económica, 13% de las encuestadas perciben un sueldo de \$500 a \$1000, 63% de las mujeres tiene un sueldo de rango de \$1000 a \$1500, 13% percibe un salario de \$1500 a \$2000 y 1% gana arriba de \$2000, es importante mencionar que la diferencia marcada es debido a que las labores se pagan por destajo, es decir, depende directamente del desempeño y productividad de las jornaleras. A pesar de reconocer la importancia de la participación de las mujeres en el proceso productivo, la mayoría de las veces dicho reconocimiento no se refleja de forma real en un mejor salario para la mano femenina, sino al contrario, se califica con desventaja para las mujeres, tal como lo describe Valdéz & Sobrevilla (2021) citado por Figueroa (2022).

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

En lo que se refiere a datos económicos y aporte de ingresos en los hogares, se encontró que 14.8% de las familias entrevistadas, todos sus integrantes (madre, padre e hijos) aportan de forma unida para los gastos familiares. Mientras que el restante 83.3% representó a las familias cuyos integrantes no todos aportan al gasto familiar semanal, debido a que los hijos son menores de edad, no trabajan y/o se encuentran estudiando. Por lo tanto, es el padre de familia quien se responsabiliza de todos los gastos del hogar. El ingreso familiar semanal es variable dependiendo del número de integrantes y otros factores, donde los gastos oscilan desde \$300.00 hasta \$4,000.00 pesos a la semana priorizando los gastos de alimentos. En lo que se refiere a la administración financiera de sus recursos y la priorización de sus gastos, se observó que las mujeres, priorizan un ahorro semanal en conjunto con su familia. De acuerdo con la Figura 7, se encontró que 72% generan un ahorro. Las cantidades que ahorran oscilan de \$50.00 a \$2,500.00 pesos a la semana, dependiendo del ingreso que tengan en sus hogares. Cuando toda la familia trabaja y no tiene hijos, les permite tener un mayor margen de ahorros, debido a que utilizan un salario para el gasto familiar y el de la pareja lo destinan al ahorro. Por otra parte, para aquellas familias migrantes estacionales (que vienen por unos meses determinados, es decir de enero-julio o de julio-diciembre), tratan de ahorrar lo máximo posible, porque están conscientes que los siguientes 6 meses de retorno a su lugar de origen, su ahorro será la única fuente de ingreso. Caso contrario, se encontró que 28% de las mujeres y madres de familia, no lo practican, debido a que sus hijos están estudiando o están pagando alguna deuda por lo que no está en sus posibilidades y su salario semanal apenas les alcanza para cubrir sus necesidades básicas de alimento y cuidados personales.

Del total de las familias jornaleras encuestadas, 99% no paga renta, debido a que los productores o empresas contratantes, son quienes otorgan la vivienda durante su estancia, solo una familia mencionó que pagaba \$1500 de renta mensual, porque la familia estaba compuesta por varios integrantes y en las galeras o albergues le resultaban incómodos para su convivencia. Todas las viviendas cuentan con los servicios básicos (drenaje, agua potable y luz eléctrica) y no requieren pagar servicio alguno. Adicionalmente, la empresa “Bonanza” les proporciona el servicio de guardería y escuela para sus hijos de forma gratuita. Se observó que 37% de las familias, utilizó su dinero para la alimentación, en segundo lugar (20%) de las personas enviaron su dinero a sus familiares, 17% en la compra de electrodomésticos y solamente el 8% destinó ese porcentaje en la educación de sus hijos, asimismo 18% de las jornaleras eligieron la opción “otro” para gastos de: boda, material para arreglar su casa, lo ahorraron para poner su propio negocio, pagar deudas en Autlán en tiendas como Coppel, Elektra y cajas populares. Por lo anterior, puede deducirse que, al incrementar el consumo de alimentos, ropa, transporte, demanda de servicios financieros, etc., conlleva a una mayor reactivación de la economía y genera un motor de Desarrollo económico regional.

La salud de las mujeres jornaleras y su familia

Las enfermedades más frecuentes en sus familias se tienen las de tipo respiratorias con un 51.67%, en segundo lugar, dolores de cabeza con una representación del 20%, en tercer lugar (10%) manifestaron fiebre y dolor de espalda, principalmente. Las enfermedades gastrointestinales también estuvieron presentes en 8.33%, en menor medida el estrés con 5%, y enfermedades de la

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

piel con 1.67%. En la Figura 6, se observa que 60% de las trabajadoras manifestó no haber sufrido enfermedad alguna posterior a su incorporación en la empresa. Sin embargo 31.67% manifestó si haber padecido enfermedades bajo esas condiciones, siendo las principales: la fiebre, el estrés, alergias y erupciones en piel, así como dolores de cabeza. El caso más común que reportan las mujeres es la fiebre como consecuencia de los cambios bruscos de temperatura que afrontan, es decir, trabajan a altas temperaturas adentro del invernadero y al salir a un aire más fresco, les produce fiebre y dolor de garganta. Las jornaleras manifestaron que los días que permanecen enfermas y no asisten a su trabajo, las empresas no les remuneran los días de ausencia, lo que representa para ellos un menor ingreso y una afectación en su situación económica.

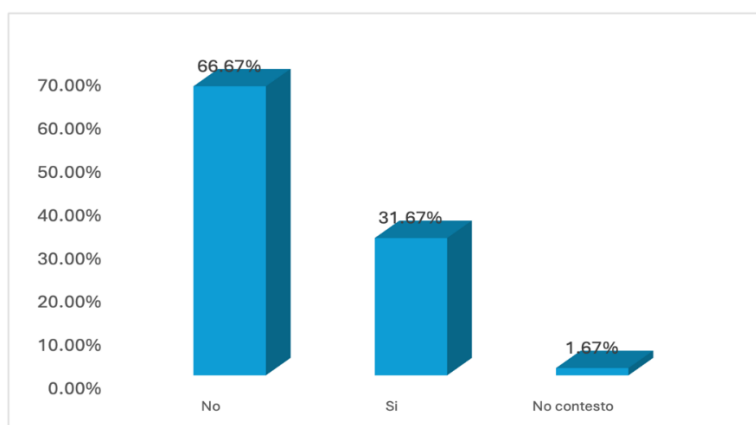


Figura 6. ¿Contrajo enfermedad a raíz de que la trabajadora migrante o su esposo comenzó a trabajar en los cultivos?

Fuente: Información obtenida en campo a través de cuestionarios aplicados a trabajadoras

En cuanto a la planeación familiar para tener hijos es un tema que al parecer 99% de las encuestadas no toman en cuenta y solamente 1% de ellas tiene una planeación familiar, lo que podría ser un foco de atención para las organizaciones correspondientes y que apoyan en los aspectos sociales y de salud. Por su parte, la OCDE (2018) en su estudio acerca de la contribución de los inmigrantes a las economías de los países en Desarrollo, menciona que en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconocen la contribución positiva que los migrantes hacen al crecimiento incluyente y el desarrollo sostenible en los países de origen, tránsito y destino. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incorporan estas inquietudes a través de la necesidad de proteger los derechos de los trabajadores migrantes, en particular las mujeres (8.8). Sin embargo, para el caso de estudio, dichos objetivos están aún lejos de poner en práctica y se visualiza la necesidad de apoyo y orientación en el área de la salud.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Programas sociales e instituciones que apoyan a jornaleras agrícolas migrantes en el municipio de Autlán de Navarro

INSTITUCIONES Y/O PROGRAMAS	NIVEL DE INTERVENCIÓN	PROPUESTAS DE SOLUCION
Instituto Municipal de la Mujer	Gestión Participación en campañas de prevención de violencia a mujeres indígenas. Miembro en la Mesa de Jornaleros Agrícolas Migrantes en Autlán	Canalización de servicios jurídicos, psicológicos con instituciones especializadas Impartición de talleres a las mujeres indígenas
Mesa de atención a Jornaleros Agrícolas Migrantes (JAM)	Gestión Participación en equipo de trabajo, con respaldo de una dependencia gubernamental como es el Área de Desarrollo humano del H. ayuntamiento de Autlán Vinculación con instituciones relacionadas a Jornaleros como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), DIF, Instituto Estatal para la Educación de los Jóvenes y Adultos (INEEJAD), Consejo Estatal contra las Adicciones en Jalisco (CAPA), Centro Integral de Salud Mental (CISAME), Protección civil, Radio-Universidad, de Guadalajara y Responsables de empresas contratantes de trabajadores migrantes, como son las Trabajadoras sociales.	Ofrecen servicios de solución en base a sus necesidades, canalizando a diferentes instituciones como el DIF, Facilitan información de becas de arribo por parte de SEDESOL a los trabajadores migrantes, así como becas de estudio para los hijos de los trabajadores. Campañas de facilitación de actas de nacimiento o matrimonio para su organización familiar a través de las trabajadoras sociales en los albergues Campañas e impartición de talleres de salud para la prevención de enfermedades como el VH, prevención de dengue, talleres de manualidades, etc. Atienden necesidades de albergues como: La media Luna, Boca negra, Bonanza y El Mentidero Pláticas de orientación en salud y educación principalmente Talleres de manualidades a través del DIF Talleres y pláticas de salud a través de instituciones como la Secretaría de Salud para un mejor control de la nutrición y el IMSS, para la detección de enfermedades y aplicación de vacunas
Empresa “Bonanza” (Trabajadora social)	Gestión para apoyo en especie Vinculación con instituciones para la prevención de delitos como es el CISAME Vinculación con el DIF municipal Miembro en la Mesa de Jornaleros Agrícolas Migrantes en Autlán	Apoyos de desayunos escolares, despensas de leche, credenciales de medio pasaje para personas de la tercera edad. Se apoya a padres e hijos con charlas informativas para la prevención de delitos. El albergue de la empresa cuenta con servicio de guardería
SISTEMA NACIONAL PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA FAMILIA (DIF)	Asistentes en los procesos de testimoniales y registro para sus actas de nacimiento. Detección de problemáticas: Violencia intrafamiliar Asistencia y servicios jurídico psicológicos	Acompañamiento en el registro de actas de nacimiento Apoyos y orientaciones en diversos temas y servicios como asesoría jurídica en problemas intrafamiliares, Entrega de despensas Cursos de capacitación para un autoempleo

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

	Miembro en la Mesa de Jornaleros Agrícolas Migrantes en Autlán	Obtención de lentes a un mayor bajo costo
--	--	---

En la región de estudio se identificó y entrevistó a 3 instituciones que participan en apoyo a la problemática de los jornaleros agrícolas, así como al responsable del programa nacional que opera a nivel municipal como es la “Mesa de atención a Jornaleros Agrícolas Migrantes”. Dichos programas apoyan de forma general a toda la comunidad de jornaleros sin distinción de género en la solución de conflictos y/o para satisfacer alguna de sus necesidades primordiales.

Las principales problemáticas identificadas:

- Problemas de violencia intrafamiliar, donde se identificó un sistema de patriarcado, es decir, la mujer es desvalorizada y permiten la violencia por parte de la pareja, los padres y en algunos casos hasta por los hermanos.
- Problemas de alcoholismo y drogadicción
- Deserción escolar
- Problemas psicológicos, donde menores de edad, desde los 8 años son responsables de las labores del hogar como el cuidado de la casa, ropa y de los hermanitos
- Falta de cultura en la alimentación, que conlleva a una desnutrición en las familias
- Falta de detección temprana de enfermedades como la diabetes, cáncer cervico uterino y mama en las mujeres.
- Falta de registro e identificación en trámites básicos de organización familiar, como el registro de las personas para la obtención de su acta de nacimiento

Acciones y propuestas de solución por parte de instituciones públicas y empresas que contratan jornaleras migrantes

Son diferentes las formas de intervención para la solución de problemáticas por parte de las instituciones, en el caso del Instituto de la Mujer, opera de forma pasiva, solo como observador (participando en la Mesa de Atención a Jornaleros Agrícolas) y en algunos casos, canaliza y vincula a instituciones que brindan apoyo de servicio jurídico o de salud. Por su parte, las empresas hortícolas en la región, el caso de Bonanza, se preocupan por la salud e integridad de sus trabajadores, específicamente en las mujeres, por lo que ha implementado algunas acciones como: el establecimiento de una guardería dentro de la empresa para apoyo a las trabajadoras y ha promovido actividades de ejercicio físico para el cuidado de la salud como es la zumba.

Por otra parte, para un nivel de vida más pleno y sano, implementó un torneo de futbol, integrado por hombres y mujeres, sin distinción y con fines de equidad de género. Para erradicar la drogadicción y el alcoholismo, lleva un control de ingreso de productos de consumo en la entrada del albergue para evitar la introducción de bebidas embriagantes. Por su parte el Sistema nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), ofrece programas, apoyos y canalización de personas a instituciones especializadas como el CISAME. Una problemática fuerte detectada por esta institución es el maltrato físico, emocional y sexual a la que están expuestas las jornaleras como consecuencia de la cultura y sistema de patriarcado que prevalece en su entorno familiar.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

El DIF apoya directamente a todos los trabajadores con su registro extemporáneo y con testimoniales en su proceso de registro. A través de la canalización (llenado de formatos), se deriva las personas para que acudan a las instituciones responsables, los orienten y den soluciones de tipo económico, social, nutricional o psicológico. Las empresas productoras hortícolas, así como los responsables de albergues en la región acuden también para el seguimiento y apoyo en dichos procesos. Es sin duda, la Mesa de Atención a Jornaleros quien participa de forma constante y más participativa con dichos trabajadores y quien canaliza los apoyos a su llegada y becas a estudiantes hijos de los jornaleros. Además de integrar en su programa a varias instituciones, coordina y da seguimiento a las problemáticas de los jornaleros. Entre las principales problemáticas que señala son: La violencia intrafamiliar, la deserción escolar, así como problemas de tipo emocional que viven los niños y jóvenes dentro de dichos hogares. De forma consensuada, las instituciones coinciden en que las problemáticas de los hogares de las mujeres jornaleras están determinadas por su cultura y modo de vida de sus lugares de origen. Sin embargo, la migración y el nuevo entorno de vida los conduce a una mejora de bienestar y una preocupación por su salud, educación y situación emocional. Ello ha dado buena respuesta por parte de los y las jornaleras a capacitarse e informarse en los talleres de salud que les imparten. También ven los beneficios en los apoyos de transporte que les ofrece el Ayuntamiento, los trámites legales de identificación que les favorece, así como el beneficio de ver a sus hijos que acuden a las escuelas y además tienen becas. Todo lo anterior puede traducirse en avance y bienestar para los trabajadores, que se refleja en una mejor sociedad y futuro para los niños de las trabajadoras agrícolas que laboran en la región.

Conclusiones

Los resultados de este estudio revelan que la migración rural en Jalisco está principalmente impulsada por la falta de oportunidades de empleo en los estados de origen. Este trabajo demostró que el aporte de las mujeres indígenas migrantes tiene un impacto significativo en el entorno económico y social de la región. De las mujeres entrevistadas, 85% migra con el propósito de generar ingresos mediante su trabajo en los cultivos de hortalizas, además de cumplir con su rol como amas de casa. La mayoría de ellas son responsables de la administración de los recursos familiares, lo que les confiere un papel central en el soporte social de sus hogares. El motivo principal que impulsa a estas mujeres a migrar es la búsqueda de una mejora en la calidad de vida para ella y su familia en todos los aspectos posibles. Los hallazgos confirman que el doble rol de las mujeres migrantes, tanto en el ámbito laboral como en el hogar, contribuye a un mayor bienestar económico en sus unidades familiares. Se observó que alrededor del 30% de ellas, junto con sus familias, decidieron establecerse permanentemente en la región debido a los diversos beneficios que esto les genera.

Cuando las mujeres toman la decisión de migrar, tienen altas expectativas laborales, económicas y sociales. Sin embargo, esta investigación confirma que, después del viaje, no todas las expectativas fueron cumplidas. El 17% de las entrevistadas señaló que la remuneración económica recibida fue insuficiente, lo que limitó su capacidad para alcanzar plenamente sus metas. El pago que perciben las mujeres agrícolas migrantes se basa en el rendimiento, lo que significa que su jornada diaria se divide entre las necesidades familiares y las laborales. En este estudio, se comprobó que la participación económica de todos los miembros de la familia (madre, padre e hijos) alcanza solo

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

un 14%, mientras que en el 83.3% de las familias, no todos los integrantes aportan al ingreso familiar, principalmente porque los hijos son menores de edad. Los gastos semanales de estas familias varían entre \$300 y \$4000. El 72% de las familias tienen un hábito de ahorro, donde las mujeres de mayor edad son las responsables de dicho ahorro.

En cuanto al aspecto social, las mujeres agrícolas consideran que el hecho de trabajar siendo madres afecta principalmente en el cuidado del hogar. Sin embargo, el perfil sociodemográfico arrojado por este estudio indica que trabajar en los cultivos de hortalizas ofrece beneficios significativos, como un mayor soporte económico para la familia, una mejora en la alimentación y en algunos casos, el apoyo en el pago de deudas y gastos de los hijos. La percepción de la calidad de vida en comparación con su lugar de origen es notablemente positiva. Las mujeres agrícolas migrantes destacan que en esta región cuentan con un empleo seguro, acceso a vivienda y una mayor disponibilidad de servicios básicos, lo que resulta complicado en sus comunidades de origen. Además, consideran que en la región existen más oportunidades de trabajo para las mujeres, a diferencia de sus comunidades, donde el empleo es escaso y mal remunerado. Finalmente, este estudio logró identificar diversas instituciones que brindan apoyo y orientación a los trabajadores migrantes a través de distintos programas sociales. La mayoría de estos apoyos se canalizan a través de los empleadores, quienes juegan un papel crucial en el bienestar de las trabajadoras durante su estancia en la región.

Referencias bibliográficas

Artículos en revistas científicas

Aruj, Roberto S. (2008). Causas, consecuencias, efectos e impacto de las migraciones en Latinoamérica. *Papeles de población*, 14(55), 95-116. Recuperado en 07 de septiembre de 2024 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252008000100005&lng=es&tlng=es.

Gómez Walteros, Jaime Alberto. (2010). La migración internacional: teorías y enfoques, una mirada actual. *Semestre Económico*, 13(26), 81-99. Retrieved September 08, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-63462010000100005&lng=en&tlng=es.

Gutiérrez Silva, J. M., Romero Borré, J., Arias Montero, S. R., & Briones Mendoza, X. F. (2020). Migración: Contexto, impacto y desafío. Una reflexión teórica. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(2), 299-313.[fecha de Consulta 16 de agosto de 2024]. ISSN: 1315-9518. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28063431024>

Narváez Castro, M., (2017). Editorial. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIII(4), 6-7.[fecha de Consulta 27 de agosto de 2024]. ISSN: 1315-9518. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28055641001><https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=280556410>

Varela Llamas, Rogelio, Ocegueda Hernández, Juan Manuel, & Castillo Ponce, Ramón A.. (2017). Migración interna en México y causas de su movilidad. *Perfiles latinoamericanos*, 25(49), 141-167. <https://doi.org/10.18504/pl2549-007-2017>

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Publicaciones electrónicas

Figueroa, K. (2022). Las mujeres en la industria cañera. En: Asociación de Técnicos Azucareros, 9 de mayo de 2022. <https://issuu.com/kickflip360/docs/revistaabril-junio2015-pag1>

Giménez, R. C. (2023) “Qué es la inmigración. Problema y oportunidad? Cómo lograr la integración de los inmigrantes? Multiculturalismo o interculturalismo?” R. B. A. Integral. Barcelona. P. 20.

Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, IIEGJ (2023). Consultado en https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=19669

Instituto de Información Estadística y Geográfica (2021). Estadísticas a propósito del día del migrante. Consultado el 20 de agosto de 2024 en:

https://inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Migrante21.pdf

OECD/ILO (2018), *Cómo los inmigrantes contribuyen a la economía de los países en desarrollo*, ILO, Geneva/OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264291904-es>.

Romo Raúl Romo Viramontes, Yolanda Téllez Vázquez y Jorge López Ramírez (2013). La migración interna en México en el periodo reciente.

<https://www.gob.mx/conapo/documentos/notas-interesantes-de-la-migracion-interna-en-mexico-infografias>

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Beneficios sociales, ambientales y económicos de la regeneración de un ecosistema suburbano

Yesica María Domínguez Galicia¹, Tania Yaraseth Lucas Carbajal¹

Resumen

La transformación a la que se somete un ecosistema ubicado próximo a un asentamiento suburbano, debido a la construcción de infraestructura ferroviaria, detona una situación de transformación que ha de atenderse desde una visión integradora de los aspectos sociales, ambientales y económicos, con el propósito de regenerar las interrelaciones y flujos originales de todas las partes, biodiversidad, flora y fauna, agua, aire, habitantes y paisaje. La oportunidad del sitio de interés es que es una zona con nivel de degradación moderada por el tiempo que ha transcurrido desde la realización de la obra de infraestructura ferroviaria, la cercanía de paisaje vegetal remanente y el clima, especialmente por la precipitación pluvial promedio. Se evalúa la opinión de la población, la estrategia de participación, la inversión requerida y se proyectan los beneficios que pueden alcanzarse como resultado de la intervención de regeneración natural y participativa. La visión integrada de tres dimensiones, social, económica y ambiental, de situaciones que se han visto tradicionalmente solo desde la perspectiva socioeconómica, permitirá identificar riesgos, estrés, tensiones, e incertidumbres y sus límites que han de considerarse para una planeación estratégica sustentable y definir metas locales claras y alcanzables, que contribuyan al cumplimiento del desarrollo sustentable. Desde la perspectiva que los impactos sinérgicos al ambiente derivados de la actividad humano se transforman en riesgo sanitario ecológicos, además de los riesgos sociales y económicos relacionados y han de monitorearse como parte de un sistema integral de prevención de riesgos y fomento al desarrollo sustentable.

Palabras clave: Regeneración natural, inversión sostenida, beneficios ecosistémicos, riesgos, vulnerabilidad

Introducción

El proyecto denominado Tren Maya Tramo 5 Sur que tiene una longitud de 67.7 km y se encuentra ubicado geográficamente en la porción oriental de la Península de Yucatán dentro del Estado de Quintana Roo, entre las localidades de Tulum y Playa del Carmen, Solidaridad; contiene componentes y/u obras permanentes que suman una superficie de 605.082 hectáreas de un ecosistema con vegetación predominante de la selva baja espinosa subperennifolia, selva baja subperennifolia, selva mediana caducifolia, selva mediana perennifolia y selva mediana subperennifolia (Olivera, 2022). Entre los elementos hidrológicos importantes se encuentran ríos subterráneos como el “Sistema Garra de Jaguar”, al menos tres cenotes, entre otros. Debido a los componentes ambientales que alberga la zona, está es considerada un área de alto valor ambiental. Además, al revisar las especies registradas de flora y fauna en la zona, se observa que algunas de ellas se encuentran enlistadas en alguna categoría de protección en el Anexo normativo de la NOM- 059-SEMARNAT-2010 (Martínez L. C., 2022) La ruta final del tren maya tramo 5 sur requirió de la remoción de 485.476 ha de vegetación forestal y afectaciones a la gran diversidad de flora y fauna que se alberga en el ecosistema. El clima que predomina en el municipio de Solidaridad es el Cálido Subhúmedo, las características de este tipo de clima son que la temperatura media anual es mayor a los 22°C y hasta 26°C;

¹ Instituto Politécnico Nacional, Miguel Othón de Mendizábal SN, La Escalera, Gustavo A Madero, Ciudad de México, C.P. 07320, México.
Correo: ydominguez@ipn.mx; tyaraseth@ipn.mx

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

la temperatura del mes más frío es mayor a los 18°C, con una precipitación que va de los 800 mm hasta los 1500 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor a 18 mm. A pesar de que el clima predominante en el municipio de Solidaridad es cálido, cabe señalar que en la última década se han emitido declaratorias de emergencia por ondas cálidas con temperaturas mayores a 35°C. Gobierno municipal Solidaridad (2023) Temperaturas máximas extremas. Debido a las características propias del municipio de Solidaridad, la población de territorio es propensa a sufrir los embates por ondas de calor y temperaturas superiores a los 40°C. el municipio también se ha visto afectado por sequías hidrometeorológicas prolongadas. Ambas situaciones inminentemente relacionadas con el fenómeno de cambio climático.

La construcción y operación del Tramo 5 del Tren Maya, de Cancún a Tulum, cuyas estaciones son: Puerto Morelos, Playa del Carmen y Tulum; incluye también obras complementarias como pasarelas peatonales, pasos vehiculares, obras de drenaje, pasos de fauna, también se contempla la construcción de vialidades en la longitud que abarca el trazo del tren en el municipio de Solidaridad, por lo que es inminente que se ha modificado totalmente el comportamiento del ecosistema forestal debido a la gran fragmentación del mismo. Para coadyuvar al desarrollo sustentable del municipio hay que observar la preservación de la biodiversidad; flora y fauna, depósitos, reservas y flujos hídricos, subterráneos o superficiales; sistemas aéreos para la convección natural, específicamente los elementos forestales. y han de considerarse los plazos a corto plazo, 2030, mediano plazo, 2035 y largo plazo 2050, propiciando equilibrio y estabilidad entre todos los elementos sociales, ambientales y ecológicos (Gobierno Municipal 2021-2024). Además, en la zona del proyecto se concentra una elevada precipitación pluvial, así como una gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, esto característico de suelos de roca caliza muy porosa y blanda, donde generalmente se ubican cenotes, por lo que prácticamente el área funciona como zona de recarga hídrica. Con la finalidad de minimizar o evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural; mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente a 20 % del área del predio. Esta zona limítrofe contribuirá con la sinergia del ecosistema y fomentará la conservación de la vegetación natural en forma continua e imborrable. En esta franja se permite que los flujos de materia, energía, agua, aire y tránsito de animales sean continuos. Sólo se podrá exceptuar en caso del paso de vías de comunicación federal y estatal. Para obtener el valor e importancia ambiental de los ecosistemas afectados se debe evaluar cada una de las interacciones tomando como referencia los criterios de valoración cualitativa del impacto potencial: naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, periodicidad, recuperabilidad, Efecto de acumulación, logrando establecer impactos adversos, críticos, moderados, leves, profundos, severos o reversibles e irreversibles. Todos y cada uno en las categorías de flora, fauna, flujos de aire, suelo, repositorios y flujos agua (Olivera, 2020).

Referente a la fase de operación y continuidad del proyecto ha de identificarse, dimensionar y proyectar los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos. En cuanto a los impactos residuales son los que se asociados a la operación del tren afectan la flora, fauna, aire, agua y suelo, como pérdida vegetal o fauna por cruce de vehículos, atropellamiento, compactación de suelos por el paso del tren, etc. Los impactos acumulativos relacionados con la operación han de incluir afectaciones a la calidad y composición del aire, de la atmósfera, por emisiones de GEI, contaminación de cuerpos y flujos de agua, subterráneas o superficiales, por emisiones de sustancias o residuos sólidos, afectando las características fisicoquímicas del agua que provocan riesgos para la fauna y la flora en consecuencia la afectación a la vegetación nativa y con ello a una continua transformación del uso del suelo y sus consecuencias como la alteración a la capacidad de absorción del suelo, con posible, hundimiento o fragmentaciones por sequías, desérticas, con hundimientos o derrumbes.

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas**

24 y 25 de octubre 2024

Entre los impactos sinérgicos a considerarse relacionados con la operación y continuidad del proyecto se encuentran la emisión de ruidos, por ejemplo, y con ello la alteración del equilibrio a las actividades de fauna y también de flora, al modificarse la flora y disminuir en cantidad quedan expuestos los suelos que quedan vulnerables ante infiltraciones que pueden ser de agua o efluente sucios o de sustancias peligrosas y tóxicas que pueden afectar tanto a fauna como flora en el suelo como el subsuelo y con ello en un ciclo sinérgico contaminar suelo, agua y aire. La evaluación multidisciplinaria con visión integral de los impactos ambientales del proyecto; permite identificar los riesgos que se generan que pueden considerarse críticos como la fragmentación del hábitat, la afectación a sistemas kársticos, y a ríos subterráneos, y las especies protegidas, en riesgo o peligro de extinción. El interés por el rescate y reubicación de flora o fauna nativa silvestre, así como de las especies más vulnerables y prioritarias debe sustentar un programa de rescate con propuestas de medidas de prevención, mitigación y compensación que deben tener planteamientos claros, así como los mecanismos de implementación, seguimiento y medición, seleccionando indicadores que cuenten con método de cálculo y metas con base en fundamentos técnico-jurídicos, experiencias en el manejo de recursos naturales y/o en la realización de estudios ambientales específicos que sustenten dicha aplicación, para garantizar que será posible evaluar el grado de mitigación de los impactos ambientales identificados.

El municipio de Solidaridad se localiza en el norte del estado de Quintana Roo cuenta con una superficie de 2,014.9 km², lo cual representa el 4.5% del total estatal. Las principales zonas urbanas asentadas en esta cuenca son Cancún, Playa del Carmen y Tulum. La existencia de obras de transporte interestatal con impacto nacional han de generar cambios en el ambiente natural por lo que es esencial considerar el determinar los impactos ambientales que conlleva la construcción del proyecto; así como los impactos acumulativos y residuales durante la etapa de trabajo continuo; tanto en el área de vegetación forestal que se afecta como en la diversidad de especies; flora y fauna. Así como del número de especies que se encuentran en alguna categoría de protección por vulnerabilidad o riesgo de su extinción.

“El término transición es de empleo multifacético en general se asigna a un cambio de estado, de modo de ser o estar. Se interpreta, así como el dinamismo un cierto alcance y temporalidad, que incluye fases y puede hacer referencia a un cambio de sistema natural, social o económico”, (Svampa, 2023). Playa del Carmen se considera un asentamiento urbano sin embargo la Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto multicitado se convierte en un elemento de gran importancia para planear la transformación de la localidad una vez que el proyecto esté concluido y operando normalmente.

El concepto de amenaza como sinónimo de peligro para indicar la probabilidad de ocurrencia de un evento de origen natural, socio natural o tecnológico, con la capacidad de ocasionar daños físicos, económicos o ambientales da claridad a la transformación del ecosistema impactado recientemente debido a que se encuentra expuesto a amenazas sobre los indicadores de absorción de agua, hundimientos, socavones, inundaciones y sequías e incendios forestales y estos agentes perturbadores por la modificación a los hábitats. En consecuencia, se generan riesgos sanitarios ecológicos, por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando la alteración de su salud o hasta su muerte. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido de la afectación a la reducción de la biodiversidad, hasta alcanzar que algunas especies se encuentren en riesgo de extinción. Adicionalmente de acuerdo con la CONAFOR (2022) durante el periodo 2006-2022 en el municipio de Solidaridad se combatieron 108 incendios forestales. Y tan solo durante el periodo 2015-2020 se han afectado alrededor de 3 449.44 hectáreas, la mayoría corresponde a incendios forestales superficiales, también se registraron en menor proporción algunos incendios forestales mixtos. Entre las razones de origen

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

de los incendios se menciona a fumadores, disposición de residuos sólidos urbanos que son quemados, fogatas, cacería y malas prácticas agropecuarias.

El riesgo ante incendios forestales para el municipio de Solidaridad, se identifican hectáreas y sus riesgos de peligros desde muy alto hasta muy bajo, entonces es preponderante evaluar y localizar el peligro de incendios forestales, los resultados pueden contribuir a la toma de decisiones informadas y a la prevención de incendios en el futuro. La combinación de datos satelitales ha demostrado ser efectiva para evaluar el peligro por incendios forestales. Sin embargo, los datos oscilan conforme cambian las condiciones del clima. Además, es importante complementar estos datos con predicciones de peligro en tiempo real y en el futuro cercano, es decir, predicciones del peligro de incendio forestal en las próximas 12, 24, 48 y 72 horas, con el fin de contar con pronósticos que ayuden con la gestión del territorio de manera oportuna durante la temporada de incendios, que generalmente concuerda con las estaciones más calientes y secas del año. Esta situación es otra razón que justifica el generar un sistema de alertamiento preventivo de riesgos climáticos. Estos resultados proporcionan información valiosa para la gestión y prevención. Además, este enfoque puede utilizarse para tomar decisiones informadas sobre la gestión del peligro de incendios forestales y la asignación de recursos en la región. Los efectos visibles del crecimiento acelerado de la población, así como el crecimiento económico y del turismo incluyen la pérdida de vegetación derivada del cambio en el uso del suelo ocasionado por una urbanización acelerada, un aumento en la demanda de recursos hídricos lo que conlleva a una sobreexplotación de los cuerpos de agua, aumento en la generación de residuos sólidos y aumento en la descarga de aguas residuales. Estos son impactos sinérgicos relacionados con el crecimiento de la población. De acuerdo con lo anterior, los fenómenos sanitario-ecológicos son tan importantes y complejos para la sociedad que es pertinente llevar a cabo un análisis de los efectos antropogénicos que ocasionan alteraciones en la salud de la población del municipio de Solidaridad.

Así como se ha referido insistentemente en el presente estudio, se prevé que el crecimiento de la población y de la zona urbana del municipio de Solidaridad es inminente, por lo que es imprescindible incentivar políticas públicas para que el desarrollo del territorio sea sostenible en el tiempo. Con estas propuestas se pretende que la población del municipio sea más resiliente, es decir que incremente su capacidad para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de los efectos provocados por un desastre en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas funcionales logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos. En el municipio de Solidaridad, como se ha mencionado, se identifican comunidades de selva mediana subperennifolia, manglar y tular, las cuales representan el 48% de la superficie total, seguido por la vegetación secundaria en diversos estados de sucesión (46%), finalmente las actividades productivas y asentamientos humanos se distribuyen sobre el 6% del territorio municipal (Olivera, 2022). La transformación de tierras degradadas en bosques recreativos atrae a un gran número de visitantes, ecoturistas, si el paisaje se desarrolla con un alto valor estético que integre paz, agua y su suave aire fresco para beneficios de la salud humana. Se requieren inmediatas soluciones ante la crisis climática. Ambiciosas iniciativas de plantación de árboles, logran secuestrar enormes cantidades de carbono para compensar en parte las emisiones de CO₂, que son una de las principales causas del aumento de las temperaturas mundiales. (Di Sacco, 2021).

Cuando la capacidad de regeneración natural es relativamente baja se requiere la intervención humana para estimular el crecimiento durante la supervivencia temprana. La reforestación exitosa crea una interacción biológica mutua que mejora las propiedades físicas del suelo y aumenta la infiltración y la función reguladora del agua (Di Sacco, 2021). La participación de los habitantes aumenta los resultados positivos, incluida la distribución equitativa de los beneficios, el conocimiento, el capital natural, la sostenibilidad económica y el bienestar de la comunidad. Relacionado con el proyecto nacional sembrando

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

vidas, se puede comentar que: la reforestación en las granjas de los pequeños agricultores puede llevarse a cabo sin que sea necesaria una participación más amplia de las partes interesadas; y que el enfoque de reforestación, fue planificado a nivel de árbol: plantar especies de árboles que se priorizan para la conservación, como especies amenazadas, o aquellas que proporcionan recursos para animales objetivo u hongos. La participación pasiva puede conducir a la hostilidad de la comunidad y a disputas sobre los derechos de acceso, que pueden ser manifiestas de problemas subyacentes o profundamente arraigados, como los conflictos sobre la tenencia de la tierra (Di Sacco, 2021)). Estas dinámicas en asentamientos urbanos y suburbanos han dado lugar a el surgimiento de asentamientos irregulares que convierten a las personas en vulnerables ante riesgos socio económicos y climáticos.

En lugar de ser un objetivo final en sí mismo, la reforestación es un medio para lograr diversos objetivos, por lo general la mitigación del cambio climático, la conservación de la biodiversidad, los beneficios socioeconómicos (incluida la seguridad alimentaria), la estabilidad del suelo y del agua y otros servicios ecosistémicos. Estos objetivos deben definirse de antemano, para permitir una planificación, implementación y seguimiento adecuados de los proyectos. El objetivo principal que busca esta propuesta deja de lado la producción de madera, es la regeneración del ecosistema alterado y se evalúan las alternativas probadas en el país. Restaurar, lograr la regeneración de los ecosistemas a los niveles exactos originales se dificulta debido a factores como la alteración de los sustratos, el ahuyentamiento de las especies originarias por lo que se requiere de tomar decisiones con apoyo en técnicas de propagación científicas, por ejemplo, entre otras. Debido a las características de construcción del proyecto tren maya sur, tramo 5 Cancún, Tulum en donde se han considerado algunos elementos o como pasos para animales, parece que el enfoque del proyecto ha sido a nivel de paisaje; para maximizar la conectividad del panorama mediante la creación de corredores boscosos y escalones para conectar parches de bosque remanentes. Sin embargo, debido A los impactos al ecosistema, la proximidad a los asentamientos suburbanos y la escasa área de transición entre el ecosistema y los asentamientos humanos y el paso o trayectoria de obra es que se debería impulsa un enfoque de reforestación a Nivel de ecosistema, es decir plantar o ayudar a la regeneración de especies que recuperen la composición, estructura y funcionamiento típicos de los ecosistemas referenciales no perturbados (Gann et al., 2019), para maximizar la provisión de hábitat a una diversidad de especies nativas para evitar que las tierras que antes no estaban cubiertas de bosques, conecte o amplíe los bosques existentes y tenga en cuenta las actividades de desplazamiento que causarán deforestación en otros lugares (Di Sacco, 2021).

El área que aborda este estudio para la reforestación estaba anteriormente cubierta de flora característica de la selva mediana subperennifolia, manglar y tular; y ahora está degradada, históricamente había sido ocupada por biomasa boscosa, se encuentra pun muy cera del área de los bosques naturales por lo que se proyectan efectos más amplios de la reforestación como la protección de agua submarinas, la biodiversidad, el clima y los servicios ecosistémicos que existían previamente. La inmediata planeación y acción coadyuvará a evitar que actividades de desplazamiento causen más deforestación y que la zona se convierta en pastizal a largo plazo pues se inicia con el ahuyentamiento de diversidad de especies nativa y con ello el posterior agotamiento de la biodiversidad. Pues esto afecta tanto la capacidad del sitio para regenerarse naturalmente como el valor del sitio reforestado para la biodiversidad, por ejemplo, mediante la creación de zonas de amortiguamiento, corredores y escalones que permiten a las especies nativas migrar entre los remanentes de bosque y expandir su distribución (Tucker y Simmons, 2009, citado por (Di Sacco, 2021). Proteger y restaurar los remanentes de bosque degradados es la mejor manera de aumentar las reservas de carbono y disminuir la fragmentación del hábitat sin utilizar tierras no boscosas que ya pueden estar en uso. La metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración requiere de mapas que permitan identificar las áreas de alta prioridad para la intervención y proporcionan un marco útil para determinar qué

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

método es el mejor. La tecnología permite realizar los estudios diagnósticos de las áreas para evaluar la oportunidad de reforestación, (drones, vistas satelitales, etc.) Para la conformación de mapas del sitio que permiten identificar las áreas de alta prioridad para la intervención. Y poder responder a cuestionamientos como ¿será suficientes los pasos o cruces para animales o se requerirán zonas de amortiguamiento entre el área natural del ecosistema y la zona de paso de la vía ferroviaria para la recuperación del ecosistema afectado? Sin embargo, en el caso que nos ocupa, el paso de la vía férrea orienta la decisión sobre las áreas prioritarias para integrarlas a una acción de regeneración. La regeneración natural puede ser más barata y eficaz que la plantación de árboles cuando las condiciones del lugar y del paisaje son adecuadas. Las áreas paralelas, y cercanas a las vías del sistema ferroviario deben ser atendidas para que se dé prioridad a la restauración natural el enfoque de restauración natural que ha de promoverse se encuentra entre los niveles de baja intervención e intervención intermedia, que incluye la intervención para prevenir daños adicionales como lo ocasionados por el fuego, la reintroducción de fauna faltante, plantación selectiva de especies faltantes para propiciar la regeneración natural asistida (Di Sacco, 2021). Las acciones de regeneración, ya sea natural o intencionada tienen gran importancia pues en caso de no ser atendida la evolución del ecosistema más allá de convertirse en zonas de pastizales o desértica pueden convertirse en tipos de ecosistemas como los paisajes infértiles, viejos y climatizados amortiguados los cuales los procesos naturales de recolonización son incapaces de restablecer los ecosistemas una vez que se ha eliminado la vegetación nativa por lo que requieren una replantación y siembra sustanciales. Una vez que se ha seleccionado una superficie terrestre para la cubierta forestal natural o seminatural, el seguimiento será enfocado en la disminución de riesgo al promover la regeneración de la vegetación nativa.

La regeneración natural dependerá de múltiples factores, y para el diseño de la estrategia que ha de promover esa regeneración pueden considerarse dos perspectivas: el paisaje y el sitio (Elliott et al., 2013, citado en Di Sacco, 2021). Considerando el paisaje, se deberá identificar y controlar los factores que condujeron a la deforestación, cabe precisar que los factores que propiciaron la modificación del paisaje son por todos conocidos, la construcción de una obra de infraestructura ferroviaria; uno de los factores paisajísticos más importantes es la proximidad del sitio a áreas de bosque natural remanente que pueden servir como una fuente diversa de semillas dispersas de forma natural. Asimismo, esta cercanía con las áreas suburbanas, ha de proteger la presencia de aves y animales pues es perentorio para el esparcimiento de semillas de muchas especies de plantas. Por lo general, los grandes animales silvestres y las aves son los primeros en ser extirpados localmente, en cuyo caso las plantas que dispersaron pueden no recolonizar a menos que se introduzcan manualmente (plantación de enriquecimiento). El factor clave del clima, la precipitación media anual, que ya se mencionó es favorable en la zona para la reforestación. Otros factores importantes del sitio son la calidad del suelo, la topografía y las características hidrológicas. Por lo que la intervención humana deberá promover un nivel de intervención que promueva las interacciones entre todos estos factores, por más complejas que sean; pues contribuirán a regenerar las condiciones del hábitat de las especies que se hubiesen ahuyentado.

La maximización de la biodiversidad depende no sólo del número de especies reintroducidas, sino también de las funciones que desempeñan. Promover interacciones mutualistas, como las que involucran especies de árboles y hongos nativos, animales dispersores de semillas, polinizadores y otros organismos, es crucial para lograr un ecosistema restaurado resiliente y biodiverso, pero la importancia de tales interacciones a menudo se subestiman. Los riesgos de regeneración de la naturaleza al emplear especies no nativas y disminuir el potencial evolutivo de adaptación ante los cambios climáticos, puede mitigarse al implementar una etapa previa al inicio de proyectos que impacten la naturaleza y los ecosistemas, pueden mitigarse con la calidad del material vegetal para la propagación, Utilice material vegetal resistente para reforestar,

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Obtener semillas o plántulas con la variabilidad genética y la mejora adecuadas para maximizar la resiliencia de la población.

Durante esta etapa previa para fortalecer la estrategia de regeneración posterior al proyecto, se ha de iniciar un plan de recolección de semillas, como la recolección de árboles progenitores. Para disponer de material genético que, una vez concluido el proyecto, de soporte al plan de regeneración. Para realizar el proyecto de reforestación y promover la regeneración natural, se requiere de un sistema de suministro de semillas o de plántulas para sembrar. Esas deben ser de las características de las plantas nativas silvestres. De aquí la importancia de realizar un levantamiento de especies previo al inicio del proyecto. Para mitigar la acelerada degradación de un sitio que ha sido deforestado se requiere de intervenciones y gestión de la tierra para contrarrestar las barreras específicas del sitio como la acelerada transformación de suelos degradados, malezas competitivas, fuego, herbívoros, ausencia de organismos mutualistas en los suelos, como los hongos (Di Sacco, 2021). estos elementos son los que limitan o contribuyen a la regeneración del ecosistema. Cabe mencionar entre las interacciones de los elementos del ecosistema, se encuentran las cadenas tróficas y el mutualismo.

Aspectos económicos relacionados con la regeneración de áreas mediante regeneración natural y estimación de beneficios

Desarrollar flujos de ingresos diversos y sostenibles para una variedad de partes interesadas, incluidos los créditos de carbono, los productos forestales no maderables, el ecoturismo y los servicios comercializables de las cuencas hidrográficas. La generación de ingresos mediante la venta de productos forestales procedentes de los bosques de subsistencia es fácil, mientras que la comercialización de los servicios ambientales de los bosques nativos existentes y restaurados es más difícil, especialmente en las zonas protegidas. Sin embargo, la sostenibilidad de la restauración forestal depende de que los flujos de ingresos generados a partir de ella superen a los de los usos alternativos de la tierra y de que esos ingresos se compartan de manera justa entre todas las partes interesadas, incluidas las más pobres (De Souza, 2016). El ecoturismo puede ser una fuente lucrativa de ingresos locales, que directamente monetiza la biodiversidad. Sin embargo, a menudo se sobreestima su potencial. Se necesita una financiación inicial sustancial, en particular para la construcción de viviendas. Además, la mano de obra calificada necesaria para satisfacer las exigentes demandas de los ecoturistas a menudo se aporta desde el exterior, marginando a la población local. Ecoturismo como promotora de migración debido a calificación del personal requerido para brindar servicio de acuerdo a las demandas de los ecoturistas. También será necesario un seguimiento socioeconómico exhaustivo para garantizar que los pagos beneficien realmente a las comunidades locales y que los cambios en el valor de la tierra y los recursos no tengan consecuencias sociales perjudiciales. Por último, es probable que las asociaciones en las que participen múltiples partes interesadas (empresas, gobiernos, ONG, científicos, profesionales, propietarios de tierras) produzcan los beneficios más duraderos a largo plazo. La superación de los obstáculos socioeconómicos y políticos a la restauración forestal requerirá una buena gobernanza, mecanismos de financiación a largo plazo, medidas jurídicas de protección para áreas regeneradas, difusión eficaz entre las partes interesadas y entre equipos de especialistas multidisciplinarios.

Cuando la captura de carbono y la mejora de la biodiversidad son objetivos primarios, la regeneración natural puede proporcionar beneficios significativos sobre la plantación de árboles, si se practica en lugares adecuados. El secuestro de carbono en las áreas regeneradas naturalmente es potencialmente 40 veces mayor que en las plantaciones y la riqueza de especies es generalmente mayor, particularmente para las especies forestales especializadas. La regeneración natural también es significativamente más barata que la plantación de árboles. La distribución de los costos (en términos de tiempo, mano de obra y dinero) y los beneficios de la reforestación entre todas las partes interesadas debe acordarse antes de que el primer árbol

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

se plante. Los bosques nativos restaurados biodiversos pueden proporcionar ingresos a través de créditos de carbono, pagos para los servicios ecosistémicos y los productos forestales no madereros (Di Sacco, 2021).

En un sitio ligeramente degradado, una densa comunidad de tocones de árboles, plántulas y un banco de semillas de suelo diverso permiten una rápida regeneración, especialmente en áreas tropicales húmedas, logrando potencialmente el cierre del dosel en menos de un año. El lugar de estudio es un sitio ligeramente degradado por lo que no requerirá de diversos niveles de intervención lo cual favorecerá la regeneración natural y con ello la inserción de las especies nativas. El asesoramiento sobre la densidad requerida de regenerantes para una hectárea oscila ampliamente entre 200/ha (Shono et al., 2007, citado en Di Sacco, 2021) y 3100/ha (Elliott et al., 2013, citado en Di Sacco, 2021) y depende del clima. La densidad de población requerida para lograr un cierre rápido del dosel es menor en climas cálidos y húmedos, ya que la expansión de la copa de los árboles se ha documentado que es acelerada en climas fríos y secos (Di Sacco, 2021).

Considerando esta densidad de regenerantes requeridos permite proyectar la inversión del proyecto. El enfoque marco de especies para la restauración forestal en los trópicos es una opción de plantación de árboles altamente efectiva que depende de la selección de un conjunto de especies nativas con rasgos funcionales específicos. Consiste en plantar la menor cantidad de árboles necesarios para complementar y promover la regeneración natural y recuperar el sitio de las malezas en 2 a 3 años (Di Sacco, 2021).

El seguimiento y la verificación de la restauración, en particular para reclamar ingresos de créditos de carbono y otros servicios ambientales, suelen ser llevados a cabo por asesores independientes a un gran costo. En 2009, la iniciativa The Economics of Ecosystems and Biodiversity estimó el valor de los servicios de los ecosistemas de los bosques tropicales en USD 6120/ha/año (USD 7732 hoy, después de la inflación), sobre la base de datos de 109 estudios (TEEB, 2009). Los servicios de cuenca fueron los que más contribuyeron (38,8%), seguidos de la regulación climática (32,1%), los servicios de aprovisionamiento (21,5%) y la recreación/turismo (6,2%). Todos estos valores dependen de los dos indicadores fundamentales de la restauración: la acumulación de biomasa y la recuperación de la biodiversidad.

La monetización de los bosques como sumideros de carbón parte de que el valor del carbono forestal por sí solo a menudo supera los ingresos de los principales impulsores de la deforestación: Se tiene documentado en diversos estudios que la restauración de bosques ha sido problemática, debido a condiciones socioeconómicas, en particular las fluctuaciones en los precios de los créditos de carbono. Para garantizar que los ingresos fluyan principalmente hacia las economías locales, la población local debe tener acceso directo a los mercados de carbono, así como a préstamos iniciales a bajo interés, para financiar el trabajo de restauración y apoyar a sus familias hasta que se logre el punto de equilibrio. Además, los costos de transacción, incluidos el monitoreo, la presentación de informes y la verificación, deben minimizarse mediante el desarrollo de capacidades locales, para reducir la dependencia de agentes externos pagados (Köhl et al., 2020). Si bien los productos forestales no maderables suelen ser menos valiosos que el carbono, la población local puede monetizarlos fácilmente y la inversión inicial es mínima (De Souza et al., 2016). Además, los productos forestales no maderables pueden proporcionar seguridad y adaptabilidad durante períodos de dificultades financieras (Pfund y Robinson, 2005), y su diversidad amortigua las fluctuaciones de los mercados: si el precio de un producto cae, se puede sustituir por otro. Por el contrario, las plantaciones de monocultivos dejan a los agricultores vulnerables a las fluctuaciones del precio de un solo producto básico. Por lo tanto, la recuperación de la biodiversidad impulsa tanto la estabilidad ecológica como la seguridad económica. Sin embargo, para garantizar una producción sostenible, las tasas de cosecha deben ser sostenibles y, por lo tanto, supervisadas.

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

Materiales y métodos

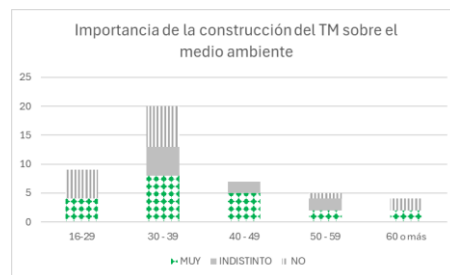
El método de investigación es de tipo mixto, talas preguntas clave de la investigación son las siguientes: ¿Es el bosque capaz de regresar espontáneamente?, ¿Qué nivel de intervención se requiere para ayudar y acelerar la regeneración? y ¿Cuál será la estrategia y sus costos para que la regeneración natural sea sostenible? Las características del sitio, climáticas y geológica y por la reciente realización de la intervención en los ecosistemas, se transforman en el potencial del sitio para la regeneración natural. Es decir, la oportunidad del sitio de interés es que es una zona con nivel de degradación moderada por el tiempo que ha transcurrido desde la realización de la obra de infraestructura ferroviaria, la cercanía de paisaje vegetal remanente y el clima, especialmente por la precipitación pluvial promedio. Para identificar el interés de las partes interesadas se aplica una encuesta de opinión a habitantes cercanos a la estación Playa del Carmen, ubicada en el fraccionamiento Villas del Sol en el municipio Solidaridad del Estado de Quintana Roo. La encuesta es aplicada en escala de Likert para verificar la percepción sobre la importancia de la construcción del Tren maya sobre el medio ambiente, se analizan los resultados por edad y por nivel escolar. Además, se plantea la pregunta. ¿Qué opina de los posibles cambios en el paisaje y el carácter de la comunidad debido a la presencia del tren? Con el fin de conocer la percepción que tienen los habitantes sobre el proyecto de infraestructura ferroviaria y su impacto en el paisaje y la comunidad. Finalmente realiza una proyección del crecimiento de la población basado en el índice de crecimiento que ha tenido en la última década y de los costos y la inversión requerida para intervenir la zona deforestada a partir de una estrategia gubernamental ya empleada en varias zonas del país denominada Sembrando vidas. Lo anterior con el fin de dimensionar en forma integral el nivel de intervención, la inversión durante un periodo a mediano plazo, 3 años que impulsarán los potenciales beneficios que se pueden alcanzar al impulsar una estrategia de regeneración natural sostenida a mediano y largo plazo en la zona de estudio en pro del desarrollo sustentable y el bienestar de futuras generaciones.

Resultados y discusión

La percepción de los habitantes encuestados respecto a la importancia de la construcción del tren sobre el medio ambiente, en la tabla 1, refleja que el 71.4% de las personas de edad entre 40 y 49 años lo consideran muy importante. Mostrando el sector de personas más interesadas sobre el medio ambiente.

Tabla 1 Distribución por edad, de la percepción de la importancia de la construcción del Tren Maya sobre el medio ambiente.

Edad	Muy Importante		Indistinto		No importante		Total
16-29	4	44.4%	0	0.0%	5	55.6%	9
30 – 39	8	40.0%	5	25.0%	7	35.0%	20
40 – 49	5	71.4%	2	28.6%	0	0.0%	7
50 – 59	2	40.0%	2	40.0%	1	20.0%	5
60 o más	2	50.0%	0	0.0%	2	50.0%	4
Total/Promedio	21	49.2%	9	18.7%	15	32.1%	45



Fuente: Elaboración a partir de datos obtenido de encuestas aplicadas en el sitio de estudio.

La percepción de los habitantes encuestados respecto a la importancia de la construcción del tren sobre el medio ambiente refleja que el 61.9% de las personas con nivel escolar secundario lo consideran muy importante. Mostrando el sector de personas más interesadas sobre el medio ambiente. Se expone en la tabla

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

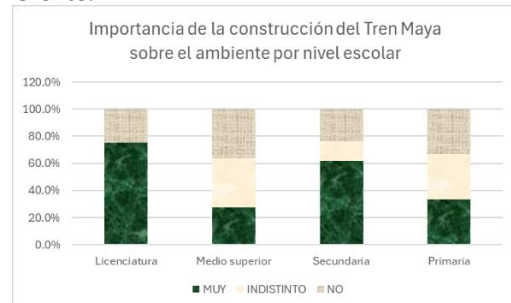
Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

2. Al integrar los resultados de la percepción de la importancia de la construcción del Tren sobre el medio ambiente puede aproximarse a un grupo de personas interesada en participar como promotores, líder para la difusión de atención a los impactos ocasionados por el tren sobre el Medio ambiente, el perfil proximal se encontrará entre las personas de edad entre 30 y 40 años con escolaridad entre secundaria y licenciatura.

Tabla 2. Distribución por nivel escolar, de la percepción de la importancia de la construcción del Tren Maya sobre el medio ambiente.

Nivel escolar	Muy importante		Indistinto		No importante		Total
Licenciatura	3	75.0%	0	0.0%	1	25.0%	4
Medio superior	3	27.3%	4	36.4%	4	36.4%	11
Secundaria	13	61.9%	3	14.3%	5	23.8%	21
Primaria	3	33.3%	3	33.3%	3	33.3%	9
Total /Promedio	22	49.4%	10	20.9%	13	29.6%	



Fuente: Elaboración a partir de datos obtenido de encuestas aplicadas en el sitio de estudio

La percepción sobre los cambios en el paisaje y el carácter de la comunidad debido a la presencia del tren se exploró a partir de preguntas abiertas, los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Percepción y opiniones sobre los cambios detonados por el tren maya en la comunidad

PESIMISTA (10)	PROS Y CONTRAS (22)	OPTIMISTA (12)
A la vista, es desperdicio de dinero. Cambio de ánimo. Demasiada población. Si mejoró. Hace más calor. Inseguridad. Muy feo, la falta de árboles. Nos dejaron sin árboles y hace mucho calor. Preocupante por el paso de inmigrantes ilegales. Si	La avenida un poco más transitada, pero a costa de eso hubo mucha tala de árboles. Indiferente. Es un efecto colateral. Necesarios. No creo que haya tanto. Empeorará en hábitat rural y mejorará el trabajo de las personas. Se verá afectado de manera positiva y negativa. Tienes sus pros y contras ya que se está viendo una devastación de selva importante por ende un cambio drástico en el ecosistema, pero se conectarán puntos importantes poco conocidos de la República. No afecto mucho. No cambio (4). Siguen igual. Que los consideren para salir adelante. Quien sabe. Se va a reconfigurar	Más vida más alegre, curiosidad de la gente. Comercio. Va a estar bonito. Cambios buenos. Maravilloso. Mejorará. De acuerdo beneficiaria. Es bueno la construcción. Los cambios van a ayudar a la población de aquí y de otras ciudades. Va a mejorar (2). Van a viajar más

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta

La opinión sobre la percepción en cambios de la comunidad por la construcción del tren se encuentra en el rango desde escenarios pesimista 10 de los 45 encuestados, neutral 22 de los 45 encuestados pues existen

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

pros y contras y 12 de los 45 entrevistados tienen expectativas optimistas. El criterio de acción para atender a las partes interesadas puede ser abordado desde la perspectiva de riesgos entre el 22% de los habitantes y de oportunidades de transformación entre el 75% de la población. Lo cual brinda un buen margen de acción para emprender estrategias de transformación.

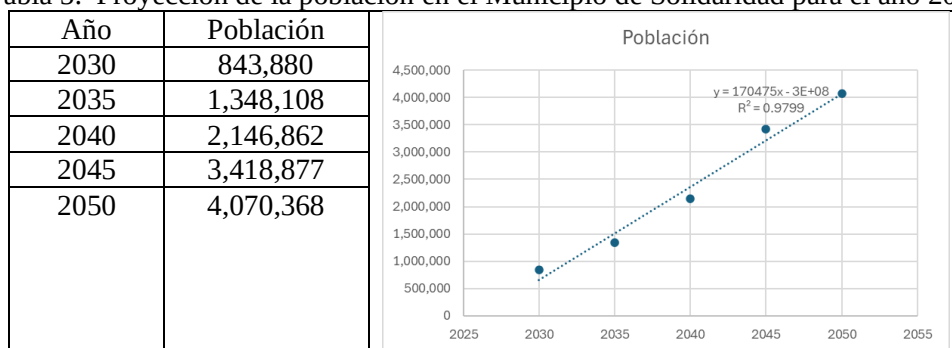
Tabla Proyección de la población en el Municipio de Solidaridad para el año 2030

Escenario	Tasa de crecimiento media anual (%)	Población proyectada al año 2030
1	4.02% (tasa media anual del Estado de Quintana Roo)	449,161
2	9.0%(Tasa que considera la tendencia de desaceleración en el Estado de Quintana Roo)	701,815
3	11.85% (tasa de crecimiento anual en el municipio con el mismo valor que el periodo 2015- 2020)	843,880
4	17.38% (tasa de crecimiento acelerado, proporcional a los periodos desde el año 2005)	1,167,265

Fuente: Atlas, 2023

Empleando los datos sobre las tasas de crecimiento poblacional reportadas en el Atlas de Riesgos del Municipio se estima la población del municipio, los resultados se muestran en la tabla 4. En caso de mantenerse la tasa de crecimiento de 11.85%, la población en Solidaridad podrá llegar a alcanzar en el año 2035, 1,348,108, según la proyección estimada que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Proyección de la población en el Municipio de Solidaridad para el año 2050



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Atlas, (2023)

Estimación de los beneficios de la regeneración natural y asistida para la zona del Tren Maya Sur Tramo 5

El proyecto contiene componentes y/u obras permanentes que suman una superficie de 605.082 hectáreas. El área para la intervención mediante la regeneración es de 485.476 ha de vegetación forestal del tipo selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia; el proyecto se considera en plazos corto, al año 2030, mediano plazo, 2035 y largo plazo 2050, propiciando equilibrio y estabilidad entre todos los elementos sociales, ambientales y ecológicos. Los tocones o detonadores de crecimiento de árboles se requieren entre 200/ha (Shono et al., 2007, citado en Di Sacco, 2021) y 3100/ha (Elliott et al., 2013, citado en Di Sacco, 2021) y depende del clima. La estrategia consiste en plantar la menor cantidad de árboles necesarios para complementar y promover la NR y recuperar el sitio de las malezas en 2 a 3 años. El seguimiento y la verificación de la restauración, en particular para reclamar ingresos de créditos de

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

carbono y otros servicios ambientales, suelen ser llevados a cabo por asesores independientes a un gran costo. Sin embargo, se considera que, en 2009, la iniciativa The Economics of Ecosystems and Biodiversity estimó el valor de los servicios de los ecosistemas de los bosques tropicales en USD 6120/ha/año (USD 7732 hoy, después de la inflación).

Reforestación a través del programa nacional Sembrando vidas. Sembrando Vida es un programa Nacional que se otorga apoyos económicos y en especie a sujetos agrarios mayores de edad que habitan en localidades rurales, y que son propietarios o poseedores de 2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal y milpa intercalada. (Programa sembrando vidas, 2023). En el año 2024 el estímulo mensual promedio asignado a cada sujeto alcanzó un promedio de \$7,901.38 pesos mexicanos (Programa sembrando vidas, 2024). Factor de conversión para el carbono capturado por 1 acre de bosque preservado de la conversión a tierras de desarrollo. La Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias emitido por la EPA, proporciona un factor de conversión para el carbono capturado por 1 acre de bosque preservado de la conversión a tierras de desarrollo cuyo valor es: -385.12 toneladas métricas de CO₂/hectárea/año (en el año de conversión). Los valores negativos indican el CO₂ que no se emite. Tenga en cuenta que esto representa el CO₂ evitado en el año de conversión. También tenga en cuenta que este método de cálculo supone que toda la biomasa forestal se oxida durante la limpieza (de decir, ninguna biomasa quemada permanece como carbón vegetal o ceniza) y no incluye el carbono almacenado en los productos de madera recolectados después de la cosecha. También se destaca que esta estimación incluye reservas de carbono tanto en suelos minerales como en suelos orgánicos. (EPA, 2024). El costo de una planta para reforestar oscila entre 1 y 30 USD, según el portal jardineros.com. Por lo que se utiliza el valor promedio de 15USD. Se ha informado que el área deforestada para la realización del Tren Maya oscila entre 605.082 y 485.476 hectáreas, sin embargo, atendiendo los lineamientos del programa nacional de reforestación Sembrando vidas, se estimar el costo de reforestar 2,5 hectáreas, esta acción se propone mantenerla durante 3 años para garantizar el crecimiento de los árboles, atendiendo las recomendaciones de las 10 reglas para reforestar.

Tabla 6. Inversión y beneficios por reforestar 2.5 Ha y cuidar los árboles durante 3 años

Estimación de Inversión acumulada USD, durante 3 años						Beneficios proyectados USD			
Plantas en 2.5 Ha	Apoyo mensual (USD)	1 año	2años	3 años	Apoyo acumulado	7732	2030	2035	2050
61875	395	66615	4740	4740	76095	19330	5776.8	4814	14442

Fuente: Adaptado a partir de datos del portal del programa Sembrando vidas, factor EPA.

Conclusiones

La estimación de la inversión para reforestar a través del programa sembrando vidas y los beneficios proyectados basados en el valor de la tonelada de carbono absorbido comprende estimación de reforestación total, sin embargo, la situación del caso que nos ocupa cuenta con las condiciones necesarias para que se promueva reforestación natural, aprovechando los tocones y plantas aún existentes en las cercanías, lo cual disminuirá los montos de inversión. En cuanto a los beneficios proyectados habrá que adicionar la disminución de riesgos como los efectos por daños a las viviendas por inundaciones debido a que al reforestar se promueven las interacciones naturales del bosque y la absorción de agua, por ejemplo. Cabe mencionar los riesgos sociales que pueden vulnerar a los habitantes de los asentamiento rurales y suburbanos próximos como incendios, depósito de residuos sólidos y su consecuente degradación al aire libre con las

13° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

emisiones de gases de efecto invernadero y la contribución a la contaminación del aire y los efectos al calentamiento global y el cambio climático. Así como la generación de lixiviados que afectan al suelo promoviendo mayor desertificación y los riesgos sanitarios ecológicos asociados como la existencia de especies, (insectos transmisores de enfermedades) y la recuperación del paisaje con el potencial para el turismo que esto representa. La opinión de las personas encuestadas es objetiva al mostrar que la mayoría reconocen que como en toda situación de cambio habrá pros y contras. Lo cual es favorable para reconocer que existirán impactos, consecuencias y riesgos ambientales relacionados con el desarrollo sin atención al ambiente, la naturaleza. Se ha de considerar que cuando un área ha sido deforestada o modificada en su flora, es susceptible a incendios forestales por lo que se vuelve relevante evitar déficit ecológico o ecocidio para contribuir a la mitigación del calentamiento global y con ello al cambio climático.

Estas condiciones de transformación requieren de aceptar cambios de paradigmas para promover el desarrollo sustentable. Al entender que un ecosistema es abierto, interactúa con otros sistemas, tiene factores bióticos y abióticos, materiales y energéticos y busca el equilibrio para su mantenimiento, permanencia y existencia. Como principios ha de fomentarse un enfoque preventivo para estructurar un sistema de monitoreo que desarrolle la inteligencia ecológica, que de apertura e integre eco-innovaciones, tecnologías. Como eje y soporte de esta postura holística de la sustentabilidad, mencionamos que los elementos materiales y energéticos están concatenados en los aspectos ambientales en beneficios social de la humanidad, es imprescindible entonces que el aspecto económico se participe de estos cambios conceptuales en pro de la regeneración de la naturaleza para la compensación de la deuda ecológica creada hasta estos tiempos.

La capacidad de carga del planeta, considerada como la fuente de los recursos necesarios disponibles en el ambiente para una población omite la descripción de las interacciones que se realizan entre todos los factores bióticos y abióticos para lograr el equilibrio en el ecosistema. Los riesgos ambientales identificados como los aspectos materiales, de sobreexplotación, erosión para agroindustria y cambios de uso de suelo, la creación de efluentes y emisiones peligrosas así como el manejo de gran variedad de residuos, en busca de la atención a la vida, habrá que adicionarle los consumos y emisiones energéticas relacionadas en las transformaciones involucradas, siempre que no se alcance el equilibrio ecológico continuarán en el rango de situaciones de riesgo y a la humanidad vulnerable ante ellos. Para la planeación estratégica eficiente es preponderante que se especifique detalladamente a nivel municipal, promoviendo la mejora local para lograr el progreso individual y no dejar a nadie atrás, como lo considera el principio de inclusión del desarrollo sustentable y lo marcan los objetivos de desarrollo sustentable. La esfera de planeación estratégica hacia la sustentabilidad de los asentamientos humanos con prioridad preventiva ha de coordinar los programas nacionales estatales, municipales y locales considerando los riesgos de desastres socioambientales y económicos para potencia la reducción de riesgos por desastres, fortaleciendo la resiliencia, invirtiendo en la reducción de riesgos, priorizando la recuperación, rehabilitación y la creación de un método de alertamiento efectivo, con acciones de rescate y salvamento basado en un sistema de monitoreo socioambiental y económico.

La estrategia de dimensionamiento de inversiones para el desarrollo sustentable de asentamiento suburbanos en condiciones de transformación propone una aproximación a un conjunto de indicadores para monitorear el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sustentable y considera escenarios a futuro, sin límites temporales, relacionados con autoridades, dando prioridad a las futuras generaciones y poniendo en el centro el promover el equilibrio, sinérgico en el asentamiento con la naturaleza, como un ecosistema natural. La visión integrada de tres dimensiones, social, económica y ambiental, de situaciones que se han visto tradicionalmente solo desde la perspectiva socioeconómica, permitirá identificar riesgos, estrés, tensiones,

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

e incertidumbres y sus límites que han de considerarse para una planeación estratégica sustentable y definir metas locales claras y alcanzables, que contribuyan al cumplimiento del desarrollo sustentable. Un asentamiento humano sustentable ha de considerarse como un sistema complejo en donde las interacciones entre los actores buscan el equilibrio de los diversos sistemas que lo conforman. Se rige bajo principios concatenados sociales, ambientales y económicos que tienen funciones incluyentes, equitativas, flexibles, adaptativas, cíclicas y robustas con capacidades evaluación para la prevención, acción y recuperación del equilibrio y restablecimiento cíclico del estado inicial dando prioridad a la regeneración de cada sistema y sus participantes. Se han de conceptualizar cada sistema que conforma el sistema complejo, definir los indicadores que constituyan el sistema de control y monitoreo para la prevención y activación de las acciones de recuperación para promover la interacción cíclica hacia el equilibrio.

Desde el punto de vista del desarrollo sustentable, el cual pone en el centro a la naturaleza, sus elementos materiales, energéticos, tangibles y no tangibles, aire, agua, suelo, minerales, flora, fauna, biodiversidad, y sus interacciones y flujos en ciclos regenerativos, el diseño y planeación del asentamiento sustentable, ha de evaluar y proyectar los impactos desde la intervención inicial sobre el ecosistema, hasta la operación y mantenimientos, es decir los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos. Los cuales han de ser gestionados mediante un sistema preventivo de alertamiento para mitigar desastres naturales, el sistema de prevención y alertamiento ha de considerar la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, el plan de acción ante eventuales desastres, que detallará el seguimiento para que una vez ocurrido el siniestro, se atienda la emergencia y se activen los procedimientos de rescate y recuperación integral, elementos de la naturaleza, biodiversidad, habitantes y sus bienes esenciales que les proveen bienestar. Para posteriormente, evaluar la situación para diseñar una siguiente versión del proceso de protección y recuperación y regeneración preventiva, donde se eviten o disminuyan los impactos de los desastres. Es decir, un sistema de alertamiento y gestión integral del riesgo, donde se prevea, reduzca y controle el riesgo de desastres; teniendo como principios el combate a las causas estructurales de los desastres y fortaleciendo las capacidades de resiliencia natural, económica y de la sociedad.

Una vez realizada la obra clasificada como de interés público y prioridad nacional deberán generarse y actualizarse el programa de ordenamiento ecológico territorial de la región, así como actualizar el mapa de riesgos, para estructurar el plan de recuperación para la regeneración del ecosistema, que integre medidas de mitigación ante riesgos residuales y acumulativos, así como acciones de adaptación; como parte de la planeación del municipio de solidaridad hacia la sustentabilidad. Lo cual permitirá dimensionar el nivel de riesgo al que está sujeto el asentamiento mediante el modelo de valoración de riesgo de vivienda en asentamientos suburbanos, que hemos desarrollado como parte del proyecto de investigación que nos ocupa y promover la transformación de asentamientos suburbanos hacia asentamientos sustentables. Desde la perspectiva que los impactos sinérgicos al ambiente derivados de la actividad humano se transforman en riesgo sanitario ecológicos, además de los riesgos sociales y económicos relacionados y han de monitorearse como parte de un sistema integral de prevención de riesgos y fomento al desarrollo sustentable. Agradezco al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado para la elaboración del estudio, así como a los habitantes de Villa del Sol, Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo que voluntariamente accedieron a compartir sus opiniones.

Referencias bibliográficas

Acahuana Mollo Miler Benjamín (2019) Estudio geofísico de resistividad eléctrica aplicando la configuración dipolo-dipolo para localización de Cavidades en el Municipio de Solidaridad, Playa del Carmen, Estado de Quintana Roo ;México. Proyecto predio 3.04 HAS. Escuela profesional de Ingeniería Geofísica. Facultad de geología, geofísica y minas. Universidad de San Agustín de

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- Arequipa. Tesis de Grado. 94 páginas. Arequipa Perú. <https://1library.co/document/y8gro0rz-geofisico-resistividad-electrica-aplicando-configuracion-localizacion-municipio-solidaridad.html>
- Angelson, A., Brockhaus, M., Sunderlin, W. D., & Verchot, L. V. (2012). Análisis de REDD+: Desafíos y opciones. En A. Angelson, M. Brockhaus, W. D. Sunderlin y L. V. Verchot (Eds.), Análisis de REDD+: Desafíos y opciones. CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/003805>
- Bernabé I. L. (2021). Evaluación del diseño: Programa sembrando vidas. Tesis Maestría en Estrategia Agroempresarial. Estudios de Posgrado. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. México. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/0104e12c-837e-4820-9693-340fff06f911/content>
- CEFP (2023). Nota informativa, Programa Sembrando vida. Cámara de Diputados. LXV Legislatura. 01 junio 2023. <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2023/notacefp0442023.pdf>
- CONAFOR (2022). Programa Institucional de la Comisión Nacional Forestal 2020-2024. Avance de resultados 2022. Programa derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Comisión Nacional Forestal 112 pp. https://www.conafor.gob.mx/transparencia/docs/2023/Avance_y_Resultados_2022_PIC_2020-2024.pdf
- CONAFOR (2020). Programa Nacional Forestal 2020 -2024. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa Especial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024. 120 pp. <https://cofemersimir.gob.mx/expediente/25201Programa Nacional Forestal 2020-2024>
- CONANP (2024). Listado de ADVC. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Gobierno de México, junio 2024. <https://advc.conanp.gob.mx/listado-de-advc/> [Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación \(conanp.gob.mx\)](https://www.conanp.gob.mx/areas-destinadas-voluntariamente-a-la-conservacion)
- CONANP (2024a). Áreas naturales protegidas de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Información actualizada a mayo de 2024. <https://www.conanp.gob.mx/areas-naturales-protegidas-de-mexico> | [CONANP](https://www.conanp.gob.mx/)
- De Souza, S. E. X. F., Vidal, E., Chagas, G. D. F., Elgar, A. T., & Brancalion, P. H. S. (2016). Resultados ecológicos y beneficios para los medios de vida de los agrobosques gestionados comunitariamente y los bosques de segundo crecimiento en el sudeste de Brasil. *Biotrópica*, 48(6), 868–881. <https://doi.org/10.1111/btp.12388>
- Di Sacco A, Hardwick KA, Blakesley D, et al. Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Glob Change Biol.* (2021) ;27:1328–1348. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>
- Diputados (2023). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2024. Leyes Biblioteca, Cámara de Diputados, Gobierno de México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF_2024.pdf
- DOF (2022) Reglas de Operación del Programa Sembrando Vida, para el ejercicio 2023. Diario Oficial de la Federación, 30 diciembre 2022. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676230&fecha=30/12/2022&print=true
- DOF (2020) Programa Nacional Forestal 2020-2024, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre 2020. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609275&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0
- DOF (2016) Recomendación general número 26 sobre la falta y/o actualización de programas de manejo en áreas naturales protegidas de carácter federal y su relación con el goce y disfrute de diversos derechos humanos. Diario Oficial de la Federación, 25 de abril de 2016. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5434358&fecha=25/04/2016#gsc.tab=0

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- EFE:Verde. (2021). Los imprevistos daños y beneficios que la pandemia ha dejado en la naturaleza . Obtenido de Agencia EFE: S.A: <https://cutt.ly/W87jOlm>
- EPA (2024) Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero>
- Jardineros.mx (2024) Empresas de viveros en Quintana Roo. Página electrónica. <https://www.jardineros.mx/empresas/viveros/quintana-roo>
- FAO. (2019). Restauración de paisajes forestales a través de la regeneración natural asistida (ANR) – Un manual práctico. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 52 p.
- FAO y PNUMA (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://dor.org/10.4060/ca8642es>. ISBN 2521-7569 [EN LÍNEA] <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e35f4f7b-fa71-4f75-8dd4-e22de81ba1fa/content>
- Gann D. G., et al (2019) Principios y Estándares Internacionales para la práctica de la restauración ecológica. Society for Ecological Restoration SER. Segunda Edición,. Wiley Periodicals. Noviembre 2019. 113 páag. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/Spanish_SER_International_St.pdf
- GFW (2024). México. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MEX/>
- Gurría J. A. (2020) Una recuperación verde e inclusiva es posible: el momento de actuar es ahora. Secretaría General de la OCDE, Abril, 2020. Tackling Coronavirus (COVID-19): Contributing to a global effort. [oecd.org/coronavirus. https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=131_131293-wp41ole2c5&title=An-inclusive-green-recovery-is-possible-The-time-to-act-is-now](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=131_131293-wp41ole2c5&title=An-inclusive-green-recovery-is-possible-The-time-to-act-is-now)
- Gobierno de México (2024). *Cumple Gobierno de México su compromiso de conservación, 20 nuevas áreas protegidas, al llegar a 225 Áreas Naturales Protegidas*. DOF, 8 enero 2024 [gob.mx. https://www.gob.mx/conanp/prensa/cumple-gobierno-de-mexico-su-compromiso-de-conservacion-al-llegar-a-225-areas-naturales-protegidas-355055](https://www.gob.mx/conanp/prensa/cumple-gobierno-de-mexico-su-compromiso-de-conservacion-al-llegar-a-225-areas-naturales-protegidas-355055)
- Gobierno Municipal 2021-2024. Plan Municipal de Desarrollo H. Ayuntamiento de Solidaridad Administración 2021 – 2024. Renovamos para crecer Solidaridad. <https://gobiernodesolidaridad.gob.mx/category/SoliMenu/OrgGuber/Dependencias/DEconomico/UMR/RMR/PM/12PMD21-24.pdf>
- Gobierno de México, (2022) “Quintana Roo”, Data México. Quintana Roo: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México (economia.gob.mx)
- Gobierno de México, Data México, Solidaridad Municipio Solidaridad: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México (economia.gob.mx)
- Gobierno municipal Solidaridad (2023) Actualización del Atlas de riesgo de Protección Civil del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Solidaridad, gobierno Municipal 2021-2024. https://rmgir.proyectomesoamerica.org/AtlasMunPDF/2023/23008_SOLIDARIDAD_2023.pdf
- Hernández-Oria J.G. (2020). Estructura y función de comunidades vegetales sucesionales del bosque tropical caducifolio del Bajío Queretano, México. Tesis de grado. Posgrado en Ciencias Biomédicas. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México. Noviembre 2020. 238 pág. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000804066/3/0804066.pdf>
- International Monetary Fund. (2021). *GDP, current prices*. https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/WEO_WORLD/MFX/US
- IPCC, 2018: Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5°C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].
- Klinger Brahan W. et al. (2012) Protocolo de Restauración Ecológica de Áreas degradadas por minería a cielo abierto de oro y platino en el Chocó biogeográfico. Instituto de Investigaciones ambientales del Pacífico. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Convenio 182. Agosto 2012. Colombia. <https://siatpc.co/documentos/avances/protocolo-de-restauracion-ecologico.pdf>
- Köhl, M., Neupane, P. R., & Mundhenk, P. (2020). Medición, presentación de informes y verificación de REDD+: ¿una trampa de costos? Implicaciones para el financiamiento de los costos de REDD+MRV mediante pagos basados en resultados. *Economía Ecológica*, 168, 106513. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106513>
- Lupi, Ana María, et al. (2023). Ciencia y Tecnología Forestal en Argentina. Primera Edición. Consejo Nacional Investigaciones Científicas Técnicas – CONICET. Libro digital pdf. ISBN 978-950-692-206-1 https://redforestal.conicet.gov.ar/download/libro/libro2023_5-1_compressed.pdf
- Martínez L. C. (2022) La información para evaluar el impacto del Tren Maya en el Senado de la República. Mirada Legislativa, No. 232. Instituto Belisario Domínguez Senado de la República. Marzo 2022.
- MILENIO (2023). Paquete económico 2024. <https://www.milenio.com/politica/reducen-presupuesto-a-semarnat-89-por-ciento-de-la-bolsa-a-conagua>
- Naciones Unidas. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Senadi Japón, 18 de marzo de 2015. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR/GE/2015 - ICLUX ES 1a edición 9-11 Rue de Varembe, CH 1202, Ginebra, Suiza. www.unisdr.org
- Naciones Unidas (2018), Ka Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago
- NCC (Comité de Capital Natural). (2020). *Asesoramiento sobre el uso de intervenciones basadas en la naturaleza para alcanzar cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2050*. Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales, Gobierno de Su Majestad, 26 p.
- OCEANA (2024). Análisis del presupuesto para el sector ambiental 2018-2024. <https://mx.oceana.org/wp-content/uploads/sites/17/2023/11/Analisis-del-presupuesto-para-el-sector-ambiental-2024.pdf>
- Olivera B. A. (2020) Comentarios y Observaciones a la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Tren Maya Tramo 5Sur. Fonatur Tren Maya, S.A. de C.V. <https://www.biologicaldiversity.org/programs/international/pdfs/An%C3%A1lisis-MIA-Tren-Maya-Tramo-5-Sur-CBD-2022-06-09.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015 - 2030. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Datos de Evaluación de los recursos forestales mundiales (2020). FRA Platform.. *FRA platform*. (2020). <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2020/WO/sections/extentOfforest>
- Pfund, J.-L., y Robinson, P. (Eds.). (2005). Productos forestales no madereros: entre el alivio de la pobreza y las fuerzas del mercado. Intercooperación, 50 p.
- Porras, I., Grieg-Gran, M., & Neves, N. (2008). Todo lo que reluce: Una revisión de los pagos por servicios de cuencas hidrográficas en los países en desarrollo. *Cuestiones de Recursos Naturales* (Nº 11). Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo, 130 p. ISBN: 978-1-84369-653-7.
- Programa para el Bienestar, Sembrando vidas, Enero 2024. <https://programasparaelbienestar.gob.mx/sembrando-vida/>

13º Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Económico-Administrativas

24 y 25 de octubre 2024

- Programa para el Bienestar, (2023). Sembrando vida logra reforestar más de un millón de hectáreas en el país. <https://programasparaelbienestar.gob.mx/sembrando-vida-logra-reforestar-mas-de-un-millon-de-hectareas/#:~:text=Sembrando%20Vida%20contribuye%20a%20la,bienestar%20para%20las%20familias%20campesinas> .
- Sanz, M.J. y Galán, E. (editoras), 2020. Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid. https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/impactosyriesgoscccespanawebfinal_tcm30-518210_0.pdf
- SEDATU, Gobierno de México. (2024) Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Página electrónica. <https://www.gob.mx/sedatu/que-hacemos>.
- SEDATU, Gobierno de México. (2024) Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Página electrónica . <https://www.gob.mx/sedatu/que-hacemos>
- Svampa, M. (2022): “Dilemas de la transición ecosocial desde América Latina”, Documentos de trabajo No. Especial FC/Oxfam Intermón (2), adrid, Fundación Carolina /Oxfam Intermón. 34 páginas. Cooperación Española. Madrid, España. <https://Dialnet-DilemasDeLaTransicionEcosocialDesdeAmericaLatina-8718076.pdf>
- Svampa Maristella (2023) Dilemas de la transición ecosocial desde América Latina. Capítulo del libro de García Parra Gloria Isabel... [et al.]. Transiciones justas. Una agenda de cambios para América Latina y el Caribe / - 1a ed. - PAG. 35-88. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CLACSO ; OXFAM, mayo de 2023. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga ISBN 978-987-813-496-3
- SEMARNAT (26 de mayo 2020a) Proponen nueva gestión ambiental para una transición biocultural. Portal ambiental.com.mx <https://www.portalambiental.com.mx/politica-ambiental/20200526/proponen-nueva-gestion-ambiental-para-una-transicion-biocultural>
- SEMARNAT. (mayo de 2020b) La transición agroecológica, forestal y pesquera: pesticidas y nuevos modelos agroecológicos, forestales y pesqueros. Diálogos Ambientales en Jornada de Sana Distancia transmitido en vivo vía Facebook
- SEMARNAT (2020). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2023/Avance_y_Resultados_2022.pdf
- TEEB. (2009). Actualización de temas climáticos de TEEB (Edición de septiembre). Recuperado de <http://www.teebweb.org/publication/climate-issues-up fecha/>
- United Nations. (s. f.). Población | Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- World Population Dashboard. (s. f.-b). United Nations Population Fund. <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>