



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**“ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA) EN DIETA PARA CERDOS DE  
ENGORDA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS”**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**LUIS URIEL SANTOS HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. NUMA POMPILO CASTRO GONZÁLEZ**

**CODIRECTOR**

**DR. MARCOS PÉREZ SATO**

**Tlatlauquitepec, Puebla, México. Julio de 2023**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**“ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA) EN DIETA PARA CERDOS DE  
ENGORDA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS”**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**LUIS URIEL SANTOS HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ**

**CODIRECTOR**

**DR. MARCOS PÉREZ SATO**

**ASESORES**

**DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO**

**DR. EDGAR VALENCIA FRANCO**

**Tlatlauquitepec, Puebla, México. Julio de 2023.**

La presente tesis titulada: **“Zeolita Natural (Clinoptilolita) En Dieta Para Cerdos De Engorda Sobre Los Parámetros Productivos”** y realizada por Luis Uriel Santos Hernández, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

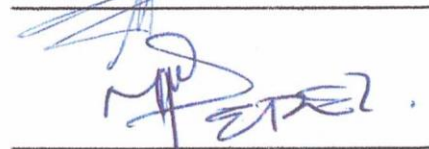
Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Numa Pompilio Castro González



Codirector: Dr. Marcos Pérez Sato



Asesor: Dr. Eutiquio Soni Guillermo



Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco



Tlatlauquitepec, Puebla, México. Julio de 2023

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: BUAP-CA-182 **Producción Pecuaria Integral** y de la Línea de Investigación: **Producción Integral de Rumiantes y no Rumiantes**. Dicho trabajo, fue financiado por: recursos propios.

## **DEDICATORIA**

**Dedico este trabajo a mis padres Teresa Hernández y Asunción Santos por haberme dado la vida y brindarme apoyo incondicional en el transcurso de mi formación profesional, quienes con esfuerzo y sacrificio me ayudaron a culminar esta meta.**

**También a mis familiares y amigos, con quienes compartí momentos imborrables durante la experiencia de llegar a ser un Ingeniero Agrónomo Zootecnista.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en especial a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias , por ser parte fundamental de mi formación académica.

Al Dr. Numa Pompilio Castro González , por permitirme trabajar con él mi proyecto de tesis y por todo el apoyo brindado.

A mis asesores ; Dr. Marcos Pérez Sato, Dr. Eutiquio Soni Guillermo, Dr. Edgar Valencia Franco, por brindarme su apoyo y conocimiento en este proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	i
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1 México en la producción de cerdo a nivel mundial.....	5
4.2 Principales estados productores de carne de cerdo en México.....	5
4.3 Beneficios de la carne de cerdo .....	5
4.4 Zeolitas naturales.....	6
4.5 Propiedades de las zeolitas .....	6
4.6 Clases de zeolitas.....	7
4.6.1 Clinoptilolita.....	7
4.7 Zeolita en la agricultura.....	8
4.8 Zeolita en la producción animal .....	8
4.8.1 Zeolita en la producción avícola.....	8
4.8.2 Zeolita en rumiantes.....	8
4.8.3 Zeolita en cerdos.....	8
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
5.1 Localiazcion.....	9
5.2 Descripción del experimento .....	10
5.3 Diseño experimental.....	10

5.4 Variables a evaluar .....	<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	11
5.4.1 Variables productivas .....		16
5.5 Análisis estadístico .....		17
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		18
<b>VII. CONCLUSIÓN</b> .....		23
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....		24

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
<b>Cuadro 1.</b> Distribución de tratamientos.....	10
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de la zeolita clinoptilolita .....	11
<b>Cuadro 3.</b> Dieta de la etapa inicio .....	12
<b>Cuadro 4.</b> Dieta de la etapa crecimiento .....	13
<b>Cuadro 5.</b> Dieta de la etapa de desarrollo.....	14
<b>Cuadro 6.</b> Dieta de la etapa de finalización.....	15
<b>Cuadro 7.</b> Comportamiento productivo de cerdos en fase de inicio con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta .....	18
<b>Cuadro 8.</b> Comportamiento productivo en cerdos en fase de crecimiento con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta .....	19
<b>Cuadro 9.</b> Comportamiento productivo de cerdos en fase de desarrollo con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta .....	20
<b>Cuadro 10.</b> Comportamiento productivo de cerdos en fase de finalización con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta .....	21

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Localización del sitio experimental.....	9

## RESUMEN

La meta principal de todo sistema pecuario es el aumentar la producción, esto basado a distintos factores como la alimentación y el bienestar animal. El objetivo de este trabajo fue evaluar niveles crecientes de inclusión de zeolita natural (0 %, 1.5%, 3 % y 4.5%) en la dieta de cerdos para mejorar los parámetros de producción en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y finalización. Se utilizaron 16 cerdos trilinea (Pietrain, York y Landrace) con un peso promedio de  $15 \text{ kg} \pm 3 \text{ kg}$ , se formaron cuatro tratamientos donde los porcentajes de inclusión quedaron de la siguiente manera: T1 0%, T2 1.5%, T3 3% y T4 4.5% de inclusión de zeolita en la dieta. El diseño experimental fue un completamente al azar contando con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones tomando en cuenta que cada cerdo fue una unidad experimental. Las variables evaluadas fueron ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Los resultados encontrados en las cuatro etapas no dieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en más de una variable, mostrando que los porcentajes de zeolita evaluadas no afecta positiva ni negativamente los parámetros productivos del animal, se sigue utilizar saborizante en la dieta ya que la zeolita tiene un sabor amargo por lo cual no es agradable para los animales, así mismo, probar porcentajes mayores de inclusión de zeolita.

**Palabras claves:** zeolita, inclusión, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, consumo alimenticio.

## ABSTRACT

The main goal of any livestock system is to increase production, based on different factors such as feed and animal welfare. The objective of this work was to evaluate increasing levels of natural zeolite inclusion (0 %, 1.5 %, 3 % and 4.5 %) in the diet of pigs to improve production parameters at the beginning, growth, development and finishing stages. Sixteen trilinea pigs (Pietrain, York and Landrace) with an average weight of  $15 \text{ kg} \pm 3 \text{ kg}$  were used, four treatments were formed where the inclusion percentages were as follows: T1 0%, T2 1.5%, T3 3% and T4 4.5% zeolite inclusion in the diet. The experimental design was completely randomized with four treatments and four replicates, taking into account that each pig was an experimental unit. The variables evaluated were daily weight gain, feed intake and feed conversion. The results found in the four stages did not give significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in more than one variable, showing that the percentages of zeolite evaluated do not affect positively or negatively the productive parameters of the animal, it will continue to use flavoring in the diet since zeolite has a bitter taste so it is not pleasant for the animals, likewise, try higher percentages of zeolite inclusion.

**Key words:** zeolite, inclusion, daily weight gain, feed conversion, feed intake.

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de todo sistema pecuario es aumentar la producción, esto basado a distintos factores como lo son la alimentación, manejo de la granja, la prevención de enfermedades; en este sentido los aditivos han contribuido en gran medida a cumplir con los objetivos de los sistemas productivos; sin embargo, los aditivos como antibióticos, ácidos orgánicos y hormonas que son utilizados comúnmente para mejorar el comportamiento productivo de los animales (Castro, 2005), son cuestionados en la actualidad; de tal manera que la investigación en los últimos años se basa en la búsqueda de productos naturales e inoos que promuevan la producción y que además no cause efectos negativos en la salud animal, en el consumidor y el medio ambiente (Gómez, 2011).

La producción de carne de cerdo sigue siendo una industria importante en la actividad pecuaria del país, generando más de un millón de toneladas anualmente. Los estados de Jalisco, Sonora y Puebla representan hasta el 48% de la producción (OPORMEX, 2022).

En la producción porcina los principales problemas son los altos costos de alimentación, donde se requieren materias primas como los carbohidratos provenientes de cereales, proteínas y aminoácidos sintéticos, esta situación es preocupante debido a que la alimentación refleja el 60-80% del costo de producción (FIRA,2020). La búsqueda de alternativas para disminuir estos costos ha llevado a utilizar aditivos no nutricionales que mejoren el comportamiento productivo.

Los aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos que se componen principalmente de hidrogeno, oxigeno, aluminio y silicio se conocen como zeolitas. Se les atribuyen propiedades para aumentar la productividad de los animales cuando se combinan con alimentos. (Mumpton, 1999).

La zeolita mejora el aumento de peso, el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad de la carne, así como la mortalidad y la resistencia a enfermedades en los cerdos. Malagutti *et al.* (2002), reporta que la adición de 2% de zeolita en cerdos, en la etapa de inicio se obtienen altas ganancias de peso. Coffey y Pikington (1989), indican que la aplicación de zeolita natural

a un 5% incrementa la ganancia de peso y eficiencia alimenticia en cerdos destetados, pero tiene poco efecto sobre cerdos en crecimiento y finalización.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto creciente de inclusión de cuatro niveles de zeolita clinoptilolita en dietas para cerdos de engorda sobre su comportamiento productivo.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Evaluar la inclusión creciente de zeolita natural en la dieta de cerdos de engorda en la etapa de inicio, crecimiento, desarrollo y finalización sobre los parámetros productivos.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la inclusión creciente de zeolita natural (clinoptilolita) 0%, 1.5%, 3% y 4.5% en la dieta de cerdos en la etapa de inicio sobre los parámetros productivos.
- Evaluar la inclusión creciente de zeolita natural (clinoptilolita) 0%,1.5%,3% y 4.5% en la dieta de cerdos en la etapa de crecimiento sobre los parámetros productivos.
- Evaluar la inclusión creciente de zeolita natural (clinoptilolita) 0%,1.5%,3% y 4.5% en la dieta de cerdos en la etapa de desarrollo sobre los parámetros productivos.
- Evaluar la inclusión creciente de zeolita natural (clinoptilolita) 0%,1.5%,3% y 4.5% en la dieta de cerdos en la etapa de finalización sobre los parámetros productivos.

### **III. HIPÓTESIS**

El 3% de inclusión de zeolita natural (clinoptilolita) en la dieta de cerdos dentro de las distintas etapas del cerdo de engorda mejorará los parámetros productivos.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 México en la producción de cerdo a nivel mundial

108,900,000 toneladas de carne de cerdo se produjeron en 2021. Los países productores más importantes fueron China, con una producción de 48,850,000 toneladas; la Unión Europea, con una producción de 23,680,000 toneladas; Estados Unidos de América (EUA), con una producción de 12,560,000 toneladas; y Brasil, el gigante sudamericano, con una producción de 4,320,000 toneladas. Con 1,686,802 toneladas de carne de cerdo producidas en todo el mundo, México ocupa el octavo lugar a nivel mundial, representando el 1,36% del total mundial (OPORMEX, 2022).

El volumen de producción de carne de cerdo en México aumentó un 2 por ciento en el primer trimestre de 2022, pasando de 270,664 toneladas a 275,742 toneladas (FORBES, 2022).

### 4.2 Principales estados productores de carne de cerdo en México

El principal estado productor de carne de cerdo en 2021 fue Jalisco con 381,276 toneladas lo que representó el 22.6% del 100%, de lo producido en todo el país, seguido de sonora con 303,602 toneladas, su producción representó el 18% del total nacional; el tercer lugar por el estado de Puebla, con una producción de 181,660 toneladas de carne de cerdo, es decir, el 10.8% del 100% de lo producido en el país; Yucatán aportó a la nación 155,497 toneladas de carne de cerdo y se situó en cuarto lugar, el aporte en porcentaje fue 9.2% (COMECARNE, 2018).

### 4.3 Beneficios de la carne de cerdo

La carne de cerdo es una fuente de proteínas, que en este caso están compuestas por aminoácidos esenciales que participan en la formación y reparación de tejidos. También es una fuente de hierro y zinc. El primero es esencial para la formación de la hemoglobina, a través de la cual nuestro cuerpo transporta oxígeno a todos los órganos y tejidos, mientras que el

segundo desempeña funciones dentro del sistema inmunológico, como la cicatrización además tiene propiedades antioxidantes (CIN y S-INSP, 2022).

La carne de cerdo también contiene vitaminas del grupo B, particularmente tiamina y B12, que contribuyen a la producción de energía. El tipo de presentación determina el aporte de grasas; por ejemplo, la chuleta y el tocino son ricos en grasas saturadas, por lo que deben consumirse con moderación. Por otro lado, los cortes más magros, como el lomo y las piernas, proporcionan grasas mono-insaturadas que son una fuente de energía y también pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol malo o LDL (CIN y S-INSP, 2022).

#### **4.4 Zeolitas naturales**

Sudo descubrió zeolitas en Japón en 1949. Una variedad de minerales porosos de grano fino se conoce como zeolitas. Se encuentran generalmente en rocas sedimentarias cercanas a la superficie. De acuerdo con los artículos, patentes y libros que se publican anualmente, las investigaciones sobre zeolitas han aumentado significativamente en las últimas décadas. Cada año se utilizan estos materiales zeolíticos como suavizantes de agua, en detergentes, como catalizadores y como adsorbentes, para mejorar las características del suelo al controlar el pH, la humedad y el mal olor de los abonos, mejorar la eficiencia de los nutrientes en la dieta de los animales y mejorar la salud animal (Castaing,1998).

#### **4.5 Propiedades de las zeolitas**

Los aluminosilicatos cristalinos hidratados de cationes alcalinos y alcalinotérreos se conocen como zeolitas. La estructura de este mineral está llena de canales, lo que lo convierte en un verdadero tamiz. Esto también influye en gran medida en sus propiedades más importantes, como la capacidad de ganar y perder agua de manera reversible y cambiar parte de sus cationes constituyentes sin alterar su estructura. Las zeolitas se utilizan ampliamente como filtros moleculares, filtros iónicos, intercambiadores iónicos e intercambiadores

gaseosos y catalizadores debido a sus características estructurales. Desde hace más de 100 años, se sabe que las zeolitas tienen propiedades de intercambiadores de iones; sin embargo, no se ha descubierto una razón de utilidad industrial hasta después de 1960. Cada especie de zeolita tiene su propio patrón de intercambio de cationes, lo que hace que algunos cationes sean más fáciles de intercambiar que otros. Por ejemplo, la clinoptilolita preferentemente intercambia amonio con sodio (Castaing,1998).

#### **4.6 Clases de zeolitas**

Desde el descubrimiento de las zeolitas, se han organizado y clasificado 40 clases naturales y una cantidad similar de ellas se han sintetizado en laboratorio. Clinoptilolita, modernita, chabacita, erionita, faujasita, ferrierita, heulandita, laumontita y filipsita son las principales zeolitas naturales. La clinoptilolita y la modernita son las clases que se han utilizado más en la nutrición animal (Castro,2003).

##### **4.6.1 Clinoptilolita**

La clinoptilolita es una zeolita natural que se forma a partir de la desvitrificación de la ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es el más estudiado y se cree que es el más útil. La clinoptilolita, como otras zeolitas, se compone de tetraedros de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{AlO}_4$  unidos por átomos de oxígeno compartidos. La presencia de cationes intercambiables, como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio y el hierro, equilibra las cargas negativas de las unidades de  $\text{AlO}_4$ . Otras sustancias, como los metales pesados y los iones de amoníaco, pueden mover estos iones. La capacidad de la clinoptilolita para realizar este fenómeno se conoce como intercambio catiónico. La clinoptilolita también se conoce como adsorbente de sulfito de hidrógeno y dióxido de azufre (Sand y Mumpton, 1978).

## **4.7 Zeolita en la agricultura**

Se han utilizado zeolitas naturales en los suelos para mejorar sus propiedades físicas y químicas. Además, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y el pH del suelo, lo que mejora la capacidad de las plantas para absorber nutrientes (Ming y Allen, 2001).

## **4.8 Zeolita en la producción animal**

### **4.8.1 Zeolita en la producción avícola**

La inclusión de zeolita natural (clinoptilolita), en los gallineros reduce los niveles de amonio y la emisión de olores, mejorando la calidad del aire y reduciendo significativamente la probabilidad de que las aves presenten cuadros respiratorios (Ziggers, 2003).

### **4.8.2 Zeolita en rumiantes**

La incorporación de zeolita natural (Clinoptilolita) en la ración de animales en crecimiento mejora su salud y su productividad. La Clinoptilolita puede fijar amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) de la desaminación de aminoácidos, que ocurre durante la digestión de las proteínas (Ziggers, 2003).

### **4.8.3 Zeolita en cerdos**

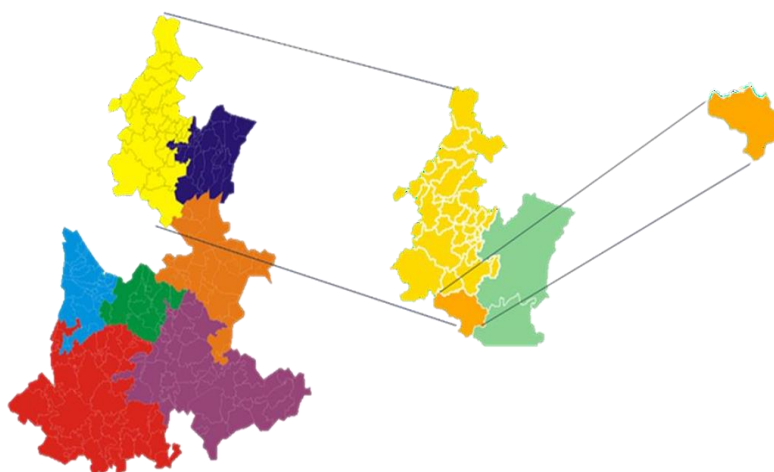
Los minerales conocidos como zeolitas naturales, que pertenecen al grupo de aluminosilicatos, tienen la capacidad de estimular el crecimiento. Se han utilizado también para tratar la diarrea de los cerdos antes del destete, lo que reduce la mortalidad y el peso de los cerdos (Martínez *et al.*, 2005).

En varios ensayos, se han utilizado zeolitas para nutrir animales y se han demostrado que mejoran la eficacia de los alimentos, la ganancia de peso, la calidad de la carne y la mortalidad y la resistencia a enfermedades (Meléndez y Rodríguez, 2005).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo en El mirador municipio de Ixtacamaxtitlan, Puebla. Ubicado en las siguientes cordenasdas; Los paralelos 19° 27'18" y 19° 44'18" de latitud norte y los meridianos 97° 42'18" y 97° 02'54" de longitud occidental (Figura 1). Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano en el 90% de su territorio y semifrío subhúmedo con lluvias en verano en el 10% restante. La temperatura media anual es de 16 a 18 °C, siendo la mínima de 2 a 4°C y el máximo promedio de 26 a 28°C, la precipitación media anual es de 500 a 600 mm y los meses de lluvias son de mayo a septiembre.



**Figura 1. Localización del sitio experimental**

Fuente: (INEGI, 2016)

## 5.2 Descripción del experimento

Fueron utilizados 16 cerdos de 35 días de edad trilinea (Pietrain, York y Landrace) con un peso promedio de  $15 \pm 3$  kg. Cada tratamiento fue colocado en un corral de 3 metros de ancho y 5 metros de largo, cada corral conto con bebederos y comederos automáticos.

## 5.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar y las unidades experimentales fueron distribuidas aleatoriamente en los diferentes tratamientos, teniendo cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (Cuadro 1). Fue realizado un análisis de la zeolita mediante el método de gravimetría, HCL 3M, y Fluorescencia de rayos X (Cuadro 2).

**Cuadro 1. Distribución de tratamientos**

Tratamientos	T1 n= 4	T2 n= 4	T3 n= 4	T4 n= 4
Zeolita Clinoptilolita	0%	1.5%	3%	4.5%

n: Numero de animales.

**Cuadro 2. Análisis de la zeolita clinoptilolita**

Prueba	Resultados g100g <sup>-1</sup>
Insolubles en HCL	74.6
Aluminio como AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	10.9
Calcio como CaO.	7.6
Fosforo como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	0.05
Hierro como Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	1.5
Potasio como K <sub>2</sub> O.	2.1
Magnesio como MgO.	2
Manganeso como MnO.	0.05
Silicio como SiO <sub>2</sub> .	58.1
Sodio como NA <sub>2</sub> O.	2.2
Titanio como TiO <sub>2</sub> .	0.2

HCL: ácido clorhídrico; AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Oxido de aluminio; CaO: Oxido de calcio; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Oxido de fosforo; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Óxido de hierro; K<sub>2</sub>O: Oxido de potasio; MgO: Oxido de magnesio; MnO: Oxido de manganeso; SiO<sub>2</sub>: Dióxido de silicio; NA<sub>2</sub>O: Oxido de sodio; TiO<sub>2</sub>: Oxido de titanio; g: Gramos.

#### 5.4 Alimentación

La dieta ofrecida fue con la inclusión del 0, 1.5, 3 y 4.5% de zeolita clinoptilolita para cada etapa de los cerdos, cubriendo los requerimientos de energía y proteína (NRC, 2007). La alimentación fue realizada de forma manual pesando el alimento ofrecido y el rechazado para medir el consumo de alimento, este proceso se realizó diariamente durante todo el experimento.

Los animales se sometieron a 14 días de adaptación antes de ofrecer la dieta de inicio (Cuadro 3). Ofreciendo alimento preiniciador más pequeños porcentajes de la dieta de inicio y así llegar al 100% de la dieta inicio. La dieta de inicio se ofreció hasta que los cerdos obtuvieron pesos promedio de 25kg. Así mismo, dieta de crecimiento (Cuadro 4) se ofreció

hasta que los cerdos obtuvieron pesos promedios de 50kg. La dieta de desarrollo (Cuadro 5) se ofreció hasta que los cerdos obtuvieron pesos promedios de 75kg y la dieta de finalización (Cuadro 6) se ofreció hasta que los cerdos obtuvieron pesos promedios de 100kg.

Al termino de cada etapa animales se sometieron a 14 días de adaptación.

**Cuadro 3. Dieta de la etapa inicio 10 - 25 Kg de p.v.**

INGREDIENTES	%	T1 0%	T2 1.5%	T3 3%	T4 4.5%
Maíz amarillo	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1
Sorgo	16.52	16.52	15.02	13.52	12.02
Harina de soya 44%	32	32	32	32	32
Carbonato de calcio	6	6	6	6	6
Fosfato di cálcico	2	2	2	2	2
Metionina 99%	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Lisina 78%	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Sal común	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255
Zeolita natural	0	0	1.5	3	4.5
Levadura	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aceite de canola	3	3	3	3	3
TOTAL	100	100	100	100	100

Kg: kilogramos de la etapa; p.v.: peso vivo.

**Cuadro 4. Dieta de la etapa crecimiento 25 - 50 kg de p.v.**

INGREDIENTES	%	T1 0%	T2 1.5%	T3 3%	T4 4.5%
Maíz amarillo	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1
Sorgo	20.52	20.52	19.02	17.52	16.02
Harina de soya 44%	27	27	27	27	27
Carbonato de calcio	6	6	6	6	6
Fosfato di cálcico	2	2	2	2	2
Metionina 99%	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Lisina 78%	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Sal común	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255
Zeolita natural	0	0	1.5	3	4.5
Levadura	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aceite de canola	3	3	3	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

kg: Kilogramos de la etapa; p.v.: peso vivo.

**Cuadro 5. Dieta de la etapa de desarrollo 50 - 75 kg de p.v.**

INGREDIENTES	%	T1 <sub>0%</sub>	T2 <sub>1.5%</sub>	T3 <sub>3%</sub>	T4 <sub>4.5%</sub>
Maíz amarillo	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
Sorgo	27.52	27.52	26.02	24.52	23.02
Harina de soya 44%	19	19	19	19	19
Carbonato de calcio	6	6	6	6	6
Fosfato di cálcico	2	2	2	2	2
Metionina 99%	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Lisina 78%	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Sal común	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255
Zeolita natural	0	0	1.5	3	4.5
Levadura	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aceite de canola	3	3	3	3	3
TOTAL	100	100	100	100	100

kg: Kilogramos de la etapa; p.v.: peso vivo.

**Cuadro 6. Dieta de la etapa de finalización 75 - 100 kg de p.v.**

INGREDIENTES	%	T1 0%	T2 1.5%	T3 3%	T4 4.5%
Maíz amarillo	46.1	46.1	46.1	46.1	46.1
Sorgo	27.52	27.52	26.02	24.52	23.02
Harina de soya 44%	13	13	13	13	13
Carbonato de calcio	6	6	6	6	6
Fosfato di cálcico	2	2	2	2	2
Metionina 99%	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Lisina 78%	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Sal común	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255
Zeolita natural	0	0	1.5	3	4.5
Levadura	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aceite de canola	3	3	3	3	3
TOTAL	100	100	100	100	100

kg: kilogramos de la etapa; p.v.: peso vivo.

## 5.5 Variables a evaluar

### 5.5.1 Variables productivas

**Consumo de alimento:** Se midió diariamente con una báscula comercial, el consumo alimenticio se obtuvo por la diferencia del alimento ofrecido y el rechazo, se reportó en kg.

Consumo = alimento ofrecido – rechazo.

**Ganancia diaria de peso:** Los animales se pesaron de manera individual cada 15 días utilizando una báscula digital colgante.

$$\text{Ganancia diaria de peso} = \frac{\text{PESO FINAL} - \text{PESO INICIAL}}{\text{DIAS TRANSCURRIDOS}}$$

**Conversión alimenticia:** Se calculo dividiendo el alimento consumido entre el peso vivo del animal ambos parámetros se midieron en kg.

$$\text{CA} = \frac{\text{CONSUMO DE ALIMENTO}}{\text{GANANCIA DIARIA DE PESO}}$$

## 5.6 Análisis estadístico

Las variables evaluadas se analizaron utilizando un diseño experimental completamente al azar cuyo modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} ; i = 1, 2, 3, 4 \text{ tratamientos. } J = 1, 2, 3, 4 \text{ repeticiones.}$$

En donde:

$Y_{ij}$  = Variables a la respuesta asociada a la

$I_j$  = unidad experimental.

$\mu$  = efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del tratamiento.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental asociada a la

$ij$  = unidad experimental

Para el análisis estadístico se realizó por medio del procedimiento modelo general lineal (GML) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de tukey, mediante el paquete estadístico SAS ver. 9.0.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las variables evaluadas en la etapa de inicio se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el consumo y la conversión alimenticia, donde los tratamientos T1, T2, T3 fueron superiores al tratamiento T4 (Cuadro 7). Por otra parte, la variable ganancia diaria de peso no mostro diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ). Al respecto Prvulovic *et al.* (2007) mencionan que el tipo de zeolita, la pureza, el tamaño de partícula y las condiciones ambientales influyen para que se obtengan, o no, efectos favorables en los parámetros productivos. Sin embargo, Nicolalde (2008) menciona que el uso de zeolita (clinoptilolita), en la alimentación de cerdos aumenta la retención de nutrientes en el sistema digestivo por un período de tiempo más largo, lo que permite un mejor aprovechamiento nutricional y una mayor ganancia diaria de peso.

**Cuadro 7. Comportamiento productivo de cerdos en fase de inicio con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta**

TRATAMIENTO	GDP	CONS	CA
T1 0% n = 4	0.501 +- 0.032 a	23.350 +- 141.901 ab	1.406 +- 0.105 ab
T2 1.5% n = 4	0.531 +- 0.039 a	25.700 +- 72.322 a	1.474 +- 0.120 a
T3 3% n = 4	0.491 +- 0.007 a	23.570 +- 109.808 ab	1.491 +- 0.063 a
T4 4.5% n = 4	0.520 +- 0.047 a	20.540 +- 114.378 b	1.236 +- 0.061 b

n: Numero de animales por tratamientos; GDP: Ganancia de peso; CONS: Consumo alimenticio; CA: Conversión alimenticia; Las letras (a, b) se interpretan verticalmente, letras distintas significan diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ).

En la etapa de crecimiento se mostró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la variable de consumo alimenticio, donde el tratamiento T4 inferior a relación de los tratamientos T1, T2 T3 (Cuadro 8). Esto se relaciona con los resultados obtenidos por Sand y Mumpton (1978), quienes afirman que la zeolita mejora el índice de conversión, mejora la absorción intestinal de los nutrientes y ayuda a aprovechar más los alimentos al reducir la absorción de alimentos por el aparato digestivo. Relacionado con los resultados de (Hossein y Almedia, 1994) señalan que la incorporación de hasta un 3% de zeolita en el alimento aumenta el crecimiento y el índice de conversión en lechones sin aumentar el consumo. Pond *et al.* (1988) menciona que la inclusión del 2% de zeolita se obtiene mismo efecto que una suplementación de 250 ppm de cobre aumentando, sin interacción entre los dos productos, el crecimiento y la superficie de músculo del lomo. Este resultado se explicaría mediante la disminución del peso de los riñones e hígado, lo que accedería una mejor utilización de los nutrientes para el crecimiento del animal.

**Cuadro 8. Comportamiento productivo en cerdos en fase de crecimiento con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta**

TRATAMIENTO	GDP	CONS	CA
T1 0% n= 4	0.510 +- 0.207 a	53.636 +- 241.001 a	2.691 +- 0.207 a
T2 1.5% n= 4	0.579 +- 0.263 a	53.194 +- 245.477 a	2.645 +- 0.263 a
T3 3% n= 4	0.541 +- 0.259 a	51.368 +- 285.881 a	2.588 +- 0.259 a
T4 4.5% n= 4	0.510 +- 0.075 a	46.415 +- 304.285 b	2.208 +- 0.075 a

n: Numero de animales por tratamientos; GDP: Ganancia de peso; CONS: Consumo alimenticio; CA: Conversión alimenticia; Las letras (a, b) se interpretan verticalmente, letras distintas significan diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ).

En la etapa de desarrollo mostro diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la ganancia de peso diaria siendo el tratamiento T1 inferior al tratamiento T2, T3 y T4 (Cuadro 9). Los valores encontrados en este trabajo difieren a los resultados de Méndez (2009) donde menciona que no existen diferencias significativas tres niveles de zeolita: 0%, 2.5 % y 5 % en cerdos de abasto. De acuerdo, con Nicolalde (2008) menciona que la inclusión del 6% en la dieta aumenta la ganancia de peso.

**Cuadro 9. Comportamiento productivo de cerdos en fase de desarrollo con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta**

TRATAMIENTO	GDP	CONS	CA
T1 0% n= 4	0.645 +- 0.057 b	72.719 +- 131.858 a	2.646 +- 0.114 a
T2 1.5% n= 4	0.776 +- 0.056 a	72.360 +- 132.946 b	2.268 +- 0.083 b
T3 3% n= 4	0.794 +- 0.028 a	72.777 +- 130.083 a	2.321 +- 0.109 b
T4 4.5% n= 4	0.678 +- 0.054 ab	72.642 +- 145.855 ab	2.458 +- 0.139 ab

n: Numero de animales por tratamientos; GDP: Ganancia de peso; CONS: Consumo alimenticio; CA: Conversión alimenticia; Las letras (a, b) se interpretan verticalmente, letras distintas significan diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ).

En la etapa de finalización las variables de ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia no mostraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ). Sin embargo, la variable de consumo alimenticio el tratamiento T2 fue inferior a los tratamientos: T1, T3 y T4 (Cuadro 10). Campabadal (2009), señala que, en la etapa final el cerdo tiende a consumir más alimento, pero también puede disminuir debido a una variedad de factores, como el medio ambiente, la nutrición y la fisiología.

**Cuadro 10. Comportamiento productivo de cerdos en fase de finalización con diferentes porcentajes de inclusión de zeolita en la dieta**

TRATAMIENTO	GDP	CONS	CA
T1 0% n=4	0.730 +- 0.055 a	90.83 +- 201.50 a	3.46 +- 0.31 a
T2 1.5% n=4	0.680 +- 0.037 a	88.80 +- 204.14 b	3.60 +- 0.17 a
T3 3% n= 4	0.730 +- 0.025 a	90.58 +- 219.05 a	3.39 +- 0.15 a
T4 4.5% n= 4	0.760 +- 0.030 a	90.85 +- 205.71 a	3.35 +- 0.14 a

n: Numero de animales por tratamientos; GDP: Ganancia de peso; CONS: Consumo alimenticio; CA: Conversión alimenticia; Las letras (a, b) se interpretan verticalmente, letras distintas significan diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ ).

En la variable peso final estadísticamente no mostro diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) obteniendo pesos promedios de: T1 102.14 kg, T2 109.60 kg, T3 107.52 kg y T4 106.16 kg, numéricamente los tratamientos a los cuales se les hizo la inclusión de zeolita muestras pesos mayores esto debido que al inicio del experimento los cerdos de los tratamientos T2, T3 y T4 tuvieron pesos superiores al tratamiento T1.

## VII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda utilizar la zeolita (clinoptilolita) en las etapas de inicio y crecimiento ya que se obtuvieron los mejores resultados en los parámetros productivos. Sin embargo, se recomienda utilizar porcentajes superiores a los aplicados acompañado de un saborizante ya que la zeolita tiende a tener sabor amargo lo cual puede afectar en el consumo alimenticio.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Campabadal C. 2009. Guia para La Alimentación de Cerdos. Pitta Cerdos. En línea: <https://es.scribd.com/document/348968058/>. Consultado: 21/04/2023.
- Castaing J. 1998. Uso de las arcillas en alimentación animal. *In*: XIV Curso de Especialización: Avances en nutrición y alimentación animal. Asociación General de Productores de Maíz. Pau, Francia.
- Castro M. 2003. Las zeolitas Naturales. Un importante producto de la naturaleza para la producción animal. Seminario avanzado sobre zeolitas y materiales microporosos. *In*: VI Conferencia Nacional de zeolitas y materiales microporosos. 10-14 marzo 2003. Instituto de Materiales y Reactivos. Universidad de la Habana.
- Castro M. 2005. Efecto de la zeolita natural en la prevención de problemas respiratorios en cerdos de preceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42(2):177–179.
- CINyS-INSP (Centro de Investigación en Nutrición y Salud del Instituto Nacional de Salud Pública). 2022 México, entre los principales productores y consumidores de carne de cerdo en América Latina y el mundo. En línea: [México, entre los principales productores y consumidores de carne de cerdo en América Latina y el mundo | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#). Consultado: 16/05/2023.
- Coffey M. T. y D. W. Pilkington. 1989. Effect of feeding zeolite-A on the performance and carcass quality of swine. *J. Anim. Sci.* 67(Suppl.2):36 (Abstract 85).

- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). 2018. Compendio Estadístico 2018. En línea:<https://comecarne.org/wp-content/uploads/2019/04/Compendio-Estadi%CC%81stico-2018-VF.pdf>. Consultado: 21/03/2023.
- Defang HF, Nikishov AA. 2009. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. En línea: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd21/6/defa21090.htm>. Consultado: 14/05/2023
- FIRA (Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura).2020. Panorama Agroalimentario De Carne de cerdo 2020. En línea: [file:///c:/Users/oscar/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202020%20\(4\).pdf](file:///c:/Users/oscar/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202020%20(4).pdf). Consultado: 01/12/2022.
- FORBES (Negocios y Finanzas). 2022 Producción de carne de cerdo en México aumenta 2% en primer bimestre de 2022. En línea: <https://www.forbes.com.mx/produccion-de-carne-de-cerdo-en-mexico-aumenta-2-en-primer-bimestre-de-2022/>  
Consultado: 21/03/2023.
- Gómez R.S. 2011. Estrategias de mitigación y reducción del impacto ambiental de la ganadería. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal – INIFAP. *In: XXXIX Reunión anual Asociación Mexicana de Producción Animal y Seguridad Alimentaria*, AMPA. Saltillo, México.
- Hossain, S. y Almeida M.J.M. 1994. Niveis de fosforo disponivel e utilizacao de zeolita com fosfato natural sobre desempenho de poedeiras leves. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 46 (6): 665-674.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2016. Anuario estadístico y geográfico de Puebla 2016. México. En línea <https://n9.cl/ch4bq>. Consultado: 24/06/2023
- Malagutti L., M. Zannotti and F. Sciaraffia. 2002. Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for Colistine. *Italy. J. Anim. Sci.* 1: 275-280.
- Martínez M., Castro M., Hidalgo K., Ayala L., Castañeda J. & Báez L. 2005. Impacto económico de la zeolita natural contra antibióticos específicos para el control de

- diarreas. *In*: XV Forum de Ciencia y Técnica. 17-19 mayo 2005. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Meléndez V.M. y A.J. Rodríguez. 2005. Evaluación de tres niveles de zeolita como promotor natural de crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados. Tesis de maestría. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- Méndez A. B. 2009. Utilización de zeolita en la alimentación de cerdos para abasto. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/3931>. Consultado: 15/04/23.
- Ming D.W. & Allen, E. R. 2001. Use of natural Zeolites in agronomy, horticulture, and environmental soil remediation. *In*: Natural Zeolites: occurrence, properties. Applications. Bish, D. L.; Ming, D. W. (Eds). Mineralogical Society of America. 45: 453-517.
- Mumpton, F. A. 1999. La Roca mágica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America vol. 96 no. 7 3463-3470. En línea: <http://www.pnas.org/content/96/7/3463.abstract>. Consultado: 19/03/2023.
- Nicolalde G. L. R. 2008. Utilización de Diferentes Niveles de Zeolitas Naturales en la Alimentación de Cerdos en las Etapas de Crecimiento y Engorde. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. En línea: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1575>. Consultado: 20/04/2023.
- NRC (National Research Council). 2007. Metabolic Modifiers: Effects on the Nutrient Requirements of Food-Producing Animals. Edición. ISBN. Washington, DC, USA. 96p.
- OPORMEX (Congreso Nacional Porcicultores). 2022. Compendio Estadístico 2022. *In*: Memorias del Congreso OPORMEX. En línea: <https://www.opormex.org> Consultado: 21/04/23.
- Pond W.G., Yen J.T. y Varel V.H. 1988. Thoughts on fiber utilization in swine. *Nutr. Reports Int.* 37 (4): 795-804.

- Prvulovic D., Jovanovic-Galovic A., Stanic B., Popovic M., Grubor-Lajsic G. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. *Czech Journal of Animal Science*. 52 (6): 159-164.
- Sand L. S. y F. A. Mumpton. 1978. *Natural Zeolites: Occurrence, Properties and Uses*. Pergamon Oxford. pp : 451-462.
- Ziggers D. 2003. Binding ammonia with volcanic powder. *International Feed Production and Applied Nutrition*. *Feed Tech* 7 (1): 18-19.



Oficio No. FCAyP/415/2023

**Luis Uriel Santos Hernández**  
**Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE**

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Numa Pompilio Castro González (**Director de Tesis**), Dr. Marcos Pérez Sato (**Codirector**), Dr. Eutiquio Soní Guillermo (**Asesor**) y Dr. Edgar Valencia Franco (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

**“Zeolita natural (Clinoptilolita) en dieta para cerdos de engorda sobre los parámetros productivos”**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

**Atentamente**

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 30 de Junio de 2023.

**Dr. Armando Ibáñez Martínez**

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

c.c.p. - Archivo y Minutario  
Dr. AIM/mlsm

