



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO "RUBÉN DARÍO"  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**Monografía para optar al título de Licenciadas en Gestión Ambiental y de los  
Recursos Naturales**

**Incidencia de la producción de Carne Bovina, Leche y Arroz en las emisiones  
de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Metano (CH<sub>4</sub>) y el impacto de estos gases en  
el Producto Interno Bruto en Nicaragua en el período de 1990 a 2012.**

**Autores:** Br. Katherine Yamila Mendoza Martínez  
Br. Adriana Carolina Álvarez Cortéz  
Br. Katia Carolina Trujillo Castillo

**Tutor:** MSc. Jorge Robleto Chamorro

**Asesor metodológico:** MSc. Alba González Sequeira

**Asesor estadístico:** MSc. Oliver Morales Rivas

**Managua, Nicaragua,  
Diciembre de 2019**

## **DEDICATORIA**

En primera instancia a Dios por ser mi refugio y mi sustento durante toda mi vida, por llenarme de fuerzas, sabiduría y bendiciones durante el transcurso de mis estudios superiores, sin Él no sería nada.

A mis padres Oscar José Mendoza García y Angelina de la Cruz Mendoza por apoyarme y ser un instrumento maravilloso para cumplir mis sueños, gracias por proveer cada día todo lo que he necesitado, por motivarme a ser la mejor y por amarme siempre. Nunca podré pagar su dedicación, sacrificios y esfuerzos.

A mis hermanos César Augusto, Indira Tatiana y Elizabeth Jordana por estar a mi lado siempre, amarme y regalarme la dicha de ser tía.

A mi abuelita Rosa Mendoza por ser una mujer ejemplar y por cuidarme desde niña. A toda mi familia, especialmente a mi tía, Karina Robles por todo su apoyo durante todo mis estudios y por siempre creer en mí, a mi papa Elías por prepararme e inspirarme a ser la mejor y a mi madrina Auxiliadora Mendoza por todo su apoyo.

A Alfredo Narváez por creer en mi talento, por todos los días motivarme a ser la mejor en lo que hago, por enseñarme que el aprendizaje de la ciencia es el mejor camino que tomar y por su amor incondicional.

A la memoria de Héctor Junior Reyes Artola por ser una persona especial en la vida de nuestra familia.

A mis amigos Hazel Mejía y Álvaro Jarquín por su amistad incondicional y su apoyo.

**Katherine Yamila Mendoza**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas y sabiduría para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres especialmente a mi madre Ileana Cortez, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellas he logrado llegar hasta aquí y me he convertido en lo que soy hasta el día de hoy.

A mi abuela María Castro por ser ese ejemplo de fortaleza y persistencia el cual me ha enseñado a no dejarme vencer por los problemas, sino afrontarlos con muchísima valentía.

A mi tía Ivania Cortés por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, por motivarme a hacer alguien en la vida, por darme sus sabios consejos, oraciones, cariño, palabras de aliento que de una u otra forma me acompañan en todo mi caminar y por arroparme como una hija más.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Adriana Carolina Álvarez Cortéz**

Primeramente, doy gracias a Dios, por haberme dado la oportunidad de llegar a este momento tan importante en mi vida profesional y dedico este esfuerzo a mi familia, principalmente a mi tía María Elena por su sacrificio y esfuerzo y por creer en mi capacidad.

A mi madre y abuela que igual han estado apoyándome siendo mi fuente de inspiración para luchar cada día más. También a las enseñanzas de mis catedráticos, a mis compañeras Adriana y Yamila porque sin el equipo que Formamos no habiéramos logrado esta meta,

A todas aquellas personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Katia Carolina Trujillo Castillo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos profundamente a nuestro tutor estimado MSc. Jorge Robleto Chamorro, por toda la ayuda brindada durante el desarrollo de la investigación, por darnos esperanza y motivación incluso en los momentos más oscuros. Gracias por compartir su valioso conocimiento y esfuerzo.

A nuestro asesor metodológico MSc. Oliver Morales por instruirnos e inspirarnos con su pasión y dedicación en el campo de la econometría, a realizar investigaciones en esta área, gracias por cada idea y corrección brindada en nuestro trabajo. Un eterno reconocimiento por brindarnos su tiempo, su conocimiento y su sabiduría.

A la profesora MSc. Alba González por su asesoría, dedicación y todo el apoyo que nos brindó durante el desarrollo en nuestra investigación.

A Carlos Alfredo Narvárez por apoyarnos en la parte técnica y metodológica de la investigación y por apoyarnos en todo momento.

A todos los profesores y personal administrativo que formaron parte de nuestro desarrollo académico dentro de la universidad y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con el desarrollo de nuestra investigación.

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo concierne a determinar la influencia de las producción de carne bovina, leche y arroz en la producción de ( $CO_2$ ) y ( $CH_4$ ) y el impacto económico de los gases en Nicaragua en el período de 1990 a 2012 a través de modelos econométricos. Es de carácter cuantitativo, de tipo longitudinal, realizando el estudio de las variables mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios. Se desarrolló la evolución de las variables y su interrelación, lo que permitió determinar cuatro modelos, tres logarítmicos y uno cuadrático, y dos de ellos, en mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas. En los modelos encontrados se determinó la correlación de las variables, y se hicieron pruebas estadísticas para validarlos y comprobar la significancia de los mismos. Todos los modelos resultaron ser estadísticamente significativos, pero la producción de leche como variable no fue significativa, dado que sus valores p fueron mayores a 0.05. Finalmente se modeló a partir de las ecuaciones obtenidas, el comportamiento a futuro del dióxido de carbono, el metano y el producto interno bruto a 10 años a partir del último año en estudio.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
III.	JUSTIFICACIÓN .....	3
IV.	OBJETIVOS .....	4
4.1.	General.....	4
4.2.	Específicos .....	4
V.	MARCO REFERENCIAL.....	5
5.1.	Antecedentes.....	5
5.2.	Marco teórico.....	6
5.2.1.	Principales actividades agropecuarias en Nicaragua .....	6
5.2.2.	Gases de efecto invernadero.....	10
5.2.3.	Relación entre las actividades agropecuarias y la producción de gases de efecto invernadero ( <i>CO<sub>2</sub></i> y <i>CH<sub>4</sub></i> ) .....	11
5.2.4.	Modelos de regresión lineal múltiple.....	14
VI.	HIPÓTESIS .....	18
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	19
7.1.	Enfoque metodológico .....	19
7.2.	Tipo de estudio.....	19
7.3.	Matriz de Operacionalización de Variables.....	20
7.4.	Contexto de la muestra.....	21
7.5.	Materiales y métodos.....	22
7.5.1.	Materiales para la recolección de información .....	22
7.5.2.	Metodología para el análisis de datos .....	22
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
8.1.	Evolución de las variables de los modelos .....	25

<b>8.2. Modelos Econométricos.....</b>	<b>34</b>
<b>8.2.1. Modelo de Dióxido de Carbono.....</b>	<b>34</b>
<b>8.2.2. Modelo de Metano .....</b>	<b>40</b>
<b>8.3. Influencia de las emisiones de <i>CO2</i> y <i>CH4</i> sobre el PIB.....</b>	<b>45</b>
<b>8.3.1. Influencia del <i>CO2</i> sobre el producto interno bruto de Nicaragua</b>	<b>45</b>
<b>8.3.2. Influencia del <i>CH4</i> sobre el producto interno bruto de Nicaragua</b>	<b>48</b>
<b>8.4. Predicciones de <i>CO2</i>, <i>CH4</i> y el PIB .....</b>	<b>52</b>
<b>8.4.1. Predicciones de Dióxido de Carbono.....</b>	<b>52</b>
<b>8.4.2. Predicciones de Metano .....</b>	<b>54</b>
<b>8.4.3. Predicciones de Producto Interno Bruto .....</b>	<b>55</b>
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>X. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables .....	20
Tabla 2: Modelos de Regresión y Variables.....	21
Tabla 3: Modelos de Dióxido de Carbono .....	35
Tabla 4: Modelo definitivo de $CO_2$ .....	35
Tabla 5: Modelos de Metano.....	40
Tabla 6: Modelo definitivo de $CH_4$ .....	40
Tabla 7: Modelos de Producto Interno Bruto vs Dióxido de Carbono .....	45
Tabla 8: Modelo definitivo de $PIB - CO_2$ .....	46
Tabla 9: Modelos de Producto Interno Bruto vs Metano .....	49
Tabla 10: Modelo definitivo de $PIB - CH_4$ .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción de <i>CO2</i> .....	25
Figura 2: Producción de <i>CH4</i> .....	26
Figura 3: Producto Interno Bruto .....	27
Figura 4: Producción de <i>CO2</i> vs Producción de Carne Bovina.....	28
Figura 5: Producción de <i>CO2</i> vs Ganado Sacrificado .....	29
Figura 6: Producción de <i>CH4</i> vs Producción de Arroz .....	30
Figura 7: Producción de <i>CH4</i> vs Producción de Carne Bovina .....	31
Figura 8: Producción de <i>CH4</i> vs Producción de Leche .....	32
Figura 9: Producto Interno Bruto vs Producción de <i>CO2</i> .....	33
Figura 10: Producto Interno Bruto vs Producción de <i>CH4</i> .....	34
Figura 11: Emisiones de <i>CO2</i> según modelo y muestra .....	53
Figura 12: Predicciones <i>CO2</i> 1990-2022.....	53
Figura 13: Emisiones de <i>CH4</i> según modelo y muestra.....	54
Figura 14: Predicciones <i>CH4</i> 1990-2022.....	54
Figura 15: PIB por <i>CO2</i> según modelo y muestra.....	55
Figura 16: Predicciones <i>PIB-CO2</i> 1990-2022 .....	55
Figura 17: PIB por <i>CH4</i> según modelo y muestra .....	56

## I. INTRODUCCIÓN

Económicamente Nicaragua es un país que depende en gran medida de las actividades agropecuarias por lo cual sus ecosistemas se encuentran altamente intervenidos por la ganadería y la agricultura que trabajan bajo sistemas tradicionales. Esto provoca que sus efectos se hagan evidentes en la calidad del suelo, agua, aire y otros recursos naturales de amplia importancia para el país. La ganadería y la agricultura son de las principales actividades económicas generadoras de gases de efecto invernadero tales como: el dióxido de carbono y el metano, cuyos efectos en la atmósfera de forma descontrolada provocan el cambio climático desarrollado en períodos de sequías y fuertes lluvias, de forma inesperada lo que amenaza de forma latente el desarrollo continuo de este tipo de actividades.

Es por ello que esta investigación tiene como objeto de estudio las actividades agropecuarias (producción de carne bovina, leche y arroz) y su correlación con la producción de ( $CO_2$ ) y ( $CH_4$ ) en Nicaragua en los años 1990-2012. Su importancia radica en sentar precedentes científicos acerca del impacto de estos gases en la economía del país desde un enfoque econométrico.

En el capítulo II se contextualiza la problemática en estudio. En el capítulo III se justifica la elección de las variables en estudio del sector agropecuario, luego en el capítulo IV se enuncian los objetivos que se pretenden alcanzar. En el capítulo V se desarrolla la base teórico-científica de la investigación y los estudios internacionales que fueron base para orientar el problema de investigación. En el capítulo VI se plantea la hipótesis que se corresponden con dos relaciones entre las variables. En el capítulo VII se esboza el diseño metodológico, haciéndose alusión al enfoque de investigación, el tipo de diseño experimental y el alcance de tipo correlacional, con datos longitudinales en series de tiempo. Se presenta el contexto de la muestra, y los modelos a aplicar para cuantificar las variables. En el capítulo VIII se presentan los resultados obtenidos a la luz de los modelos econométricos. En el capítulo IX y X se dan las conclusiones y recomendaciones de la investigación. En el capítulo XI se presentan las referencias bibliográficas y finalmente los anexos.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades agropecuarias en los últimos años han aumentado debido al crecimiento de la población que cada vez demanda más alimento para satisfacer sus necesidades. La ganadería y la agricultura son responsables por procesos naturales de la producción de gases de efecto invernadero, pero el incremento de la productividad y las prácticas inadecuadas de dichos sistemas económicos han acrecentado la liberación de los mismos. Se estima que la agricultura genera 9 y 33 % del total de producción antropogénica de ( $CO_2$ ) y ( $CH_4$ ) respectivamente. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2006). Y en el caso de la ganadería emite un 25 % de  $CO_2$  y entre 55-60 % de  $CH_4$  (Saynes, Etchevers, Paz y Alvarado, 2016).

Este incremento ha contribuido en gran medida al cambio climático, por consiguiente el deterioro de los recursos naturales limita la disponibilidad de los elementos idóneos para la continuidad de las actividades agropecuarias. En el caso de Nicaragua cuyo producto interno bruto depende primordialmente de estas actividades, lo que significaría deterioro en la calidad de vida de la población.

A pesar de que se conoce de que las actividades agropecuarias son fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, son escasas las investigaciones en las que se estudie o demuestren de forma empírica las influencias de las actividades agropecuarias en la producción de dióxido de carbono y metano a través de modelos econométricos.

Tomando como referencia lo mencionado anteriormente, surge el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la incidencia que ejercen la producción de carne bovina, leche y arroz sobre las emisiones de  $CO_2$  y  $CH_4$  y el impacto de estas emisiones en la economía de Nicaragua?

### III. JUSTIFICACIÓN

La producción de carne bovina, leche y arroz son indispensables para satisfacer las necesidades básicas de los nicaragüenses, por lo tanto su producción debe ser sostenible en el tiempo y a pesar de que son grandes fuentes de gases de efecto invernadero se debe buscar alternativas que busquen el equilibrio entre la producción agropecuaria (carne bovina, leche, arroz) y las emisiones de gases de efecto invernadero como el Dióxido de Carbono y Metano. Para esto es importante comprender el desarrollo y relación que existen entre estas dos variables, y el impacto que causa dichas actividades en la continuidad de las actividades económicas y por ende en el crecimiento del producto interno bruto del país.

Por lo tanto, la finalidad de esta investigación cuantitativa radica establecer si estas actividades agropecuarias ejercen influencia sobre la producción de  $CO_2$  y  $CH_4$  en Nicaragua y el impacto de estas emisiones en el producto interno bruto, a través de modelos econométricos. Dichos resultados pueden ser empleados por las instituciones pertinentes para desarrollar instrumentos de gestión ambiental avocados a la reducción de estos gases de efecto invernadero en estos rubros. Además, permitirá iniciar estudios de tipo econométrico en Nicaragua aplicados a problemáticas ambientales actuales que aquejan el país, brindando amplia evidencia empírica que permita realizar predicciones a corto plazo y la orientación de planes de gestión ambiental para la sostenibilidad de estas actividades en el sector agropecuario, de tal manera que se conduzca a un desarrollo económico sustentable.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Determinar la incidencia de la producción de carne bovina, leche y arroz en las emisiones de ( $CO_2$ ) y ( $CH_4$ ) así como el impacto económico de estos gases en Nicaragua en el período de 1990 a 2012 a través de modelos de regresión lineal.

### **4.2. Específicos**

- Describir la evolución de las variables emisiones  $CO_2$  y  $CH_4$ , producción de carne bovina, leche y arroz y el producto interno bruto.
- Determinar el comportamiento de las emisiones de  $CO_2$  y  $CH_4$  y su correlación con la producción de carne bovina, leche, y arroz mediante modelos logarítmicos de regresión lineal múltiple.
- Estimar el impacto de las emisiones de  $CO_2$  y  $CH_4$  provenientes de la producción de carne bovina, leche y arroz, sobre el producto interno bruto mediante modelos de regresión lineal múltiple.
- Pronosticar el comportamiento a futuro (10 años) de la producción de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y PIB a través de un modelo de regresión de proceso Gaussiano.

## **V. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. Antecedentes**

Zilio (2008) en su investigación determinó la influencia del desarrollo económico sobre la producción de dióxido de carbono en América Latina en el período de 1982 a 2005 a través de un modelo de regresión lineal, dando como resultado que la eficiencia energética y el marco institucional afectan el nivel de emisiones y deberían ser especialmente tenidos en cuenta en el diseño de políticas ambientales. Por otra parte, Jaforullah & King (2017) analizaron las consecuencias econométricas del consumo de energía como variable en modelos de emisiones de  $CO_2$ , y modelaron empíricamente las emisiones de este gas de efecto invernadero dando como resultado que dicha variable es uno de sus determinantes.

Ambos estudios son de relevancia para el trabajo de investigación dado que el modelo empleado es de tipo logarítmico, y la variable dependiente del modelo es una de las variables a aplicarse en este estudio como es el dióxido de carbono, pero con otras variables independientes directamente vinculadas con las actividades agropecuarias.

Según Patiño (2016) en su investigación de la relación de energía, emisiones de  $CO_2$  y PIB per cápita en Colombia, usa diferentes variables para modelar las emisiones de dióxido de carbono mediante análisis econométrico, en el cual concluye que el PIB aumentan las emisiones. En la investigación a desarrollar se utilizará el PIB de Nicaragua como variable a fin de definir el grado de correlación de esta variable con las emisiones de dióxido de carbono y metano.

Carmona, Bolívar, y Giraldo (2005) estudiaron el gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental, concluyendo que las emisiones de metano por los rumiantes tienen un efecto considerable a nivel medioambiental debido al aporte que este gas hace al calentamiento global y a la disminución de la capa de ozono. Esto conlleva a cambios climáticos que afectan drásticamente, entre otros, a los sistemas de producción agrícola y pecuaria y el sector productivo. Es por ello que esta variable en estudio se retoma en el modelo econométrico a realizar junto al dióxido de carbono.

Corzo (2015) en un análisis econométrico del calentamiento global en el cual se afirma que las emisiones de  $CO_2$  es una de las causas fundamentales de este fenómeno. A demás es posible que se observe un resultado distinto en el largo plazo, ya que desde el año 1997 hasta 2013, son pocos años para encontrar una influencia real de esta variable en análisis de este tipo. Por lo que en este trabajo, al considerar el período de estudio en Nicaragua, es necesaria como complemento al estudio econométrico, la realización predicciones que permitan dar un análisis más integrador de las variables en estudio.

## **5.2. Marco teórico**

### **5.2.1. Principales actividades agropecuarias en Nicaragua**

Ruiz (2018) las actividades agropecuarias en el país es uno de los pilares fundamentales de la economía nicaragüense debido a que aporta entre el 18 y 20 % al producto interno bruto. Es por ello que Nicaragua se encuentra como el único país de Centroamérica en el que la actividad agropecuaria es el que mayor aporta al producto interno bruto (Lacayo, 2013). En otras palabras esta actividad desempeña un papel importante y fundamental dentro del desarrollo social y económico del país.

Además este sector se ve altamente beneficiado debido a que Nicaragua cuenta con numerosas tierras (17 millones de manzanas) potencialmente utilizable para el uso y desarrollo de estas actividades (agropecuaria y forestal). En donde de la 17 millones de manzanas, 1.2 millones son adecuadas para cultivos anuales, lo que representa el 7 por ciento de la superficie total. A su vez más de 700 manzanas correspondientes al 5 por ciento, aptas para la siembra de cultivos perennes. Con lo que respecta a las actividades agrosilvopastoriles, forestales y ganaderas de forma extensiva, que corresponde a 10 millones de manzanas, lo que representa el 57 por ciento del área total. (Ministerio agropecuario y forestal, 2000).

### **Agricultura**

Para la Oficina Económica y Comercial (2015) la agricultura en Nicaragua es una de las actividades económicas que aporta en gran medida al producto interno bruto (PIB) ya que se encuentra dentro del sector primario el cual este sector contribuye algo más del 20% del PIB y ocupa al 30% de la población según el informe económico y comercial de Nicaragua. Esto se debe a que Nicaragua es un país en donde su economía se ha fundamentado principalmente en la explotación de los recursos naturales, especialmente del recurso tierra.

Entre los productos más importantes que se cultivan en esta actividad son: café, algodón, banano, caña de azúcar maíz fruta destacando la producción de naranja, banano, piña, arroz, sorgo frijol y semilla de sésamo. (Buchot, 2018)

- Sector agrícola y su importancia económica

A pesar que la agricultura juega un papel importante en la economía del país en cuanto a la generación de empleos, producción de alimentos y exportaciones, esta actividad sufre de índices de productividad muy bajos en el sector porque los factores de producción avanzados requeridos por la agricultura moderna no están suficientemente desarrollados en el país a causa del bajo y poco financiamiento que se le brinda a los agricultores.

A causa de esto no se pueden invertir en tecnología que le ayude a mejorar su producción. A lo anterior se le agrega también que hay una débil organización en el fortalecimiento de las instituciones encargada de capacitar y velar por el adecuado y correcto manejo de esta actividad.

Debido a lo expuesto anteriormente la agricultura en Nicaragua experimentó una reducción de más del 6 % para el año 2000, lo que ocasionó pérdida en la producción del país y sus exportaciones. (Buchot, 2018).

Ketelhöhn (2012) refiere que en el 2010 la agricultura fue el sector económico que más contribuyó al PIB en Nicaragua (21%) y los rubros de alimentos representaron las exportaciones totales en un 88 %, la más alta de la región. También dio empleo en el país a un 30 % de la población activa para en ese año como para el año 2003. (Buchot, 2018).

### **Ganadería**

La ganadería en Nicaragua es una actividad que se realiza fundamentalmente bajo el sistema de doble propósito en el cual se produce carne y leche simultáneamente, utilizando como base de producción al ganado vacuno, proveniente del cruces entre cebú y criollos (reinas y lecheros), cruzados a su vez con razas de vacas europeas, a esto se le incorpora la cría de los becerros o terneros por medio del amamantamiento de sus progenitoras. (Obregón y Osejo, 2007)

Para la FAO (2007) en su informe sobre el estado de los recursos zoogenéticos de Nicaragua, la producción ganadera bovina en el país se fundamenta en la explotación extensiva del recurso suelo en las distintas técnicas de producción principalmente para la siembra de pasto, puesto que es una fuente importante de alimento para el ganado. A esto se le suma que la explotación y el uso de estos suelos son respectivamente bajo una capacidad de sustentación de pastura (carga animal) de 0.5 de cabezas de ganados por hectáreas.

En Nicaragua el 69 % de las fincas ganaderas basa su producción bajo el sistema de doble propósito en donde se produce leche y carne al mismo tiempo. Para el Ministerio Agropecuario (MAG, 2017) refiere que a causa de la demanda de proteína animal (leche y carne) que se ha incrementado en los últimos años en el país se ha mostrado un aumento del 6 % de la cantidad de la finca ganaderas para el período del 2015. (MAG, 2017).

De igual manera debido a este aumento tanto en la demanda como en la finca, el hato de cabeza ganadera ha ido incrementado en el país, alcanzando un total de 5 millones 432 mil cabezas de ganado, reflejando un crecimiento del 2 % en comparación al período del 2016 y el 5 % con respecto al año 2015. (MAG, 2017)

- Sector ganadero y su importancia económica

Según la FAO (2007) la producción nacional ganadera ha incrementado un promedio mayor al 10 %. Este aumento en la demanda de los productos de leches y carnes importa unos US\$ 350 millones, el cual aporta a un 19 % del PIB del país. En donde la producción de carne bovina es el rubro más importante dentro del sector pecuario en vista que aporta un 49.6 % al PIB del país en los últimos años. Por otra parte los productos lácteos alcanzan 150 millones de dólares de ingresos debido a lo cual contribuye al 5 % del PIB nacional. A su vez este rubro está alcanzando a los 30 millones de dólares de exportación el cual representa el 5 % de las exportaciones totales.

Por lo expuesto anteriormente es que la ganadería vacuna es uno de los rubros que forma parte importante de las actividades económicas de Nicaragua debido a su aportación al producto interno bruto, tanto como en las exportaciones y al desarrollo social y económico del país. Este sector al igual de los demás sectores está conformado por tener una base productiva por pequeños y medianos productores.

## 5.2.2. Gases de efecto invernadero

### Metano

Es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta. Este gas tiene una capacidad de calentamiento mayor al dióxido de carbono debido a que es 23 veces más eficaz para atrapar el calor dentro de la atmósfera que el  $CO_2$  (Methane to Markets, 2008).

A su vez es un gas que ha ido incrementado en los últimos años debido a la aceleración de las actividades agropecuarias en la que se encuentra principalmente la ganadería y agricultura las cuales contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de metano.

Según Cornejo (2015) el metano es un ejemplo de compuesto molecular, el cual está representado por su fórmula química  $CH_4$  cuyas unidades básicas son átomos de carbono e hidrógeno. La molécula de metano consta de un átomo de carbono con cuatro átomos de hidrógeno unidos a él mediante un enlace covalente. Es un hidrocarburo de tipo alcano, los cuales presentan enlaces covalentes sencillos, estos son importantes dado que de estos se derivan la mayor parte de compuestos orgánicos (Chang, 2010).

### Dióxido de carbono

Para Ecoadmin (2012) el dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro que surge de la combinación del oxígeno con un metal o metaloide, el cual está formado por dos átomos de oxígeno y uno de carbono cuya representación química es  $CO_2$ . Además, este gas es uno de los que más contribuye al calentamiento global de la atmosfera por ser uno de los gases de efecto invernadero más abundante en la misma. A su vez el  $CO_2$  es importante en la tierra debido a que juega un papel fundamental en los proceso biológicos en animales y plantas, tales como la fotosíntesis y la respiración.

## **Dinámica del Dióxido de Carbono y el Metano.**

El dióxido de carbono y el metano interactúan con la luz infrarroja, absorben y retienen el calor de la atmósfera siendo los principales responsables del efecto invernadero debido a sus procesos de aceleración en la liberación de energía calorífica.

Según Jaramillo (2004) las plantas obtienen el dióxido de carbono atmosférico por difusión a través de pequeños poros de las hojas conocido como estoma y es transportado a los sitios donde se lleva a cabo la fotosíntesis. Cierta cantidad de dióxido de carbono regresa a la atmósfera, pero otra parte se convierte en compuestos orgánicos tales como carbohidratos durante la fotosíntesis. (Houghton, 2007).

El metano es después del dióxido de carbono, el compuesto de carbono más abundante en la atmósfera producido por la fermentación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Tiene una capacidad de absorción de radiación infrarroja 20 veces mayor que la molécula del dióxido de carbono, por lo que el aumento de este gas en la tropósfera contribuye de manera significativa al cambio climático (Butze, 2004).

### **5.2.3. Relación entre las actividades agropecuarias y la producción de gases de efecto invernadero ( $CO_2$ y $CH_4$ )**

En los últimos años ha surgido un gran interés en estudiar las relaciones entre las actividades económicas y su influencia sobre la calidad ambiental principalmente aquellas que son de carácter fundamental para la supervivencia del ser humano es así que las actividades agropecuarias son de las más analizadas en esta área.

De acuerdo a Honty (2016) las actividades agropecuarias son realmente importante para la seguridad alimentaria y bienestar de la sociedad pero también constituyen un rol importante en la sostenibilidad ambiental ya que los recursos naturales pueden verse favorecidos o amenazados por los efectos de la producción.

Una de los factores ambientales más afectados por la producción agrícola y ganadera es la atmosfera, esto se debe a que durante la aplicación y el desarrollo de estas actividades, se liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI), se estima que en América Latina el 50% de las emisiones GEI son provenientes de este rubro, los principales gases emitidos son el  $CO_2$  producto del avance de la frontera agrícola, el  $CH_4$  originado por el cultivo de la arroz y la fermentación entérica del ganado y el estiércol (Honty, 2016).

#### **Actividades agropecuarias productoras de $CH_4$**

Como se mencionaba en anteriormente la actividad agrícola específicamente aquellas relacionadas al cultivo del arroz son determinantes en la producción de metano dado que el materia orgánico que se encuentra en los campos inundados de arroz se descomponen de forma anaeróbica mediante la acción de bacterias metanogénicas, luego el gas es liberado a la atmósfera de forma difusa por la planta. (Hube, Alfaro, Ramírez, Donaso y Paredes, 2015).

Por otra parte la actividad ganadera también resulta un elemento importante en la producción de metano. Para Steinfeld et al. (2009) “el sector pecuario es responsable del 35 y el 40% de la producción antropogénicas globales de metano” (p.126), esto se debe que el ganado produce este gas mediante dos vías:

La primera es la fermentación entérica esta ocurre en el proceso digestivo del animal en una área denominada rumen el cual es el más grande de los preestómagos del animal; es así que mediante la acción de fermentación microbiana anaeróbica los alimentos fibrosos ricos en carbohidratos que ingiere el animal son digeridos generando como un subproducto el metano que es liberado a la atmosfera en la respiración del ganado. Esta acción es responsable de la producción anual de 85 millones de toneladas de este gas de invernadero

La segunda forma es a través del estiércol del ganado que al ser un material orgánico mediante su procesos de descomposición de forma anaeróbica libera este gas a la atmosfera según Steinfeld et al. (2009) la descomposición del estiércol libera aproximadamente 18 millones de toneladas al año.

### **Actividades agropecuarias productoras de $CO_2$**

Estas actividades son la producción de carne bovina y la de leche por lo que lo siguiente es basado en la investigación de Steinfeld et al. (2009):

Si bien la actividad agrícola puede ser beneficiosa para la retenciones gases de invernadero como  $CO_2$  debido a la fijación de carbono en la raíces de las plantas, aquellos cultivos agrícolas asociados al ganado pueden ser responsables de la producción de aproximadamente de 28 millones de toneladas de este gas.

También la desertificación que es producida por la deforestación para generar espacios de pastizales o potreros para el ganado emite a nivel mundial 100 millones de toneladas de  $CO_2$  al año.

#### **5.2.4. Modelos de regresión lineal múltiple**

##### **Modelos regresión múltiples en las ciencias biológicas**

Los modelos de regresión múltiple permiten cuantificar el grado de correlación existente entre una variable dependiente y múltiples variables independientes. Estos modelos permiten realizar estimaciones econométricas, a fin de determinar de manera empírica leyes o comportamientos observables que son explicados con base a especificaciones del modelo matemático de la teoría, los cuales están dados por la ecuación definitoria del modelo.

Por lo tanto, además de describir comportamientos en el medio ambiente, también se pueden determinar propiedades e inferir relaciones entre componentes de los ecosistemas, estableciendo los que son explicativos o causales y las variables que dependen de dichos parámetros.

Es claro que la influencia del ser humano en el medio ambiente es notable, por lo que las actividades económicas, repercuten directamente en el medio ambiente, cuya magnitud es medible y demostrable empíricamente a través de modelos econométricos.

##### **Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)**

Supuestos de Regresión Lineal Múltiple por método de MCO:

- Linealidad en los parámetros: independientemente de la forma funcional del modelo (lineal, cuadrático, cúbico, entre otros), se le llama regresión lineal si y solo si, los coeficientes de regresión son lineales (es decir elevados a 1).
- Valores de las variables exógenas independientes del término de error.
- El Valor medio de la perturbación ( $\varepsilon_t$ ) es igual a cero.
- El número de observaciones  $n$  debe ser mayor que la cantidad de coeficientes a estimar.
- Los valores de las variables independientes deben variar.
- No debe haber multicolinealidad entre las variables independientes.
- No hay sesgo de especificación.

- Homocedasticidad: la varianza de los errores es constante:  $\text{var}(\varepsilon_t) = \delta^2$ .
- No hay autocorrelación entre las perturbaciones: el error asociado a una observación no tiene relación con otro término de error de otra observación.
- Cada término de perturbación se distribuye de forma normal:  $\varepsilon_t \sim N(0, \delta^2)$ .

## Forma funcional de los modelos

Los modelos logarítmicos de regresión a aplicar son de la forma:

$$\ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_i$$

Reescribiendo la ecuación anterior, queda como:

$$Y_i^* = \alpha + \beta_2 X_i^*$$

Siendo  $Y_i^* = \ln Y_i$ ,  $\alpha = \ln \beta_1$  y  $X_i^* = \ln X_i$

$Y_i^*$  representa la variable dependiente,  $X_i^*$  la independiente,  $\alpha$  y  $\beta_2$  los parámetros del modelo.

Dado que se cumplen los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los parámetros anteriores, se estiman por el método de mínimos cuadrados ordinarios (Gujarati y Porter, 2010).

## Validación del Modelo (Pruebas Estadísticas)

- Coeficiente de determinación  $R^2$  y de Henry Theil ( $\bar{R}^2$ ).

El coeficiente  $R^2$  refleja el grado de ajuste del modelo de la variable que se quiere explicar. Su valor oscila entre 0 y 1. Cuanto más cerca de 1 sea su valor, mayor el grado de ajuste, y viceversa al acercarse al 0. Es una función creciente del número de variables explicativas.

Se calcula mediante:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum \hat{u}_i^2}{\sum y_i^2}$$

Por lo tanto se debe considerar el número de variables X presentes en el modelo, de lo cual surge un coeficiente de determinación alternativo conocido  $\bar{R}^2$ , o coeficiente de Henry Theil.

Está dado por:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\frac{\sum \hat{u}_i^2}{n-k}}{\frac{\sum y_i^2}{n-1}}$$

Por lo tanto a medida que aumenta el número de variables  $X$ ,  $\bar{R}^2$  aumenta menos que  $R^2$ . En general se utiliza  $\bar{R}^2$  en lugar de  $R^2$ , dado que esta última tiende a dar una imagen optimista del ajuste de regresión del modelo por su función creciente.

- Prueba Global F de Fisher

Es la prueba de validación global del modelo.

Para realizar la Prueba F calculada, empleamos la ecuación:

$$F = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}}$$

Para la validación:

$$F = H_0 = b_1 = b_2 = 0$$

$$F = H_1 \neq b_1 \neq b_2 \neq 0$$

- Prueba Individual T

Es una prueba de significancia es un procedimiento que utiliza los resultados muestrales para verificar la verdad o falsedad de una hipótesis nula. La idea básica de las pruebas de significancia es la de la decisión de aceptar o rechazar  $H_0$  se toma con base en el valor del estadístico de prueba obtenido con los datos disponibles

$$t = H_0 = b_1 = b_2 = 0$$

$$t = H_1 \neq b_1 \neq b_2 \neq 0$$

- Prueba de White

La prueba de White determina que si hay o no presencia de heterocedasticidad dado que la varianza de los errores no son constantes en todas las observaciones realizadas. Se afirma que hay heterocedasticidad si los valores p son mayores a 0.05. Por lo que contrasta:

$$H_0: \sigma_i^2 = \sigma^2 \text{ para toda observación}$$

$$H_1: \text{No se verifica } H_0$$

- Prueba para autocorrelación: Breusch – Godfrey.

Es una prueba de autocorrelación en los errores y residuos estocásticos de un modelo de regresión.

Se emplea el modelo de regresión:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i$$

Donde el término de error tiene la forma:

$$u_i = p_1 u_{i-1} + p_2 u_{i-2} + \dots + p_p u_{i-p} + \varepsilon_t$$

Por lo tanto la hipótesis nula por demostrar es:

$$H_0: p_1 = p_2 = \dots = p_p = 0$$

Si lo anterior se afirma, entonces se cumple que no existe correlación serial de cualquier orden sobre p.

## **Predicciones**

Cuando se estiman las ecuaciones que modelan cierto fenómeno ambiental y económico, es trascendente realizar pronósticos del comportamiento de las variables en un período posterior a las observaciones, lo que permite analizar y poder emprender acciones a futuro de una forma más integral y facilitando la toma de decisiones en beneficio del medio ambiente.

## **VI. HIPÓTESIS**

- La producción de carne bovina, leche y arroz aumentan la producción de gases de  $CO_2$  y  $CH_4$  en Nicaragua.
- Las emisiones de  $CO_2$  y  $CH_4$  provenientes de la producción de carne bovina, leche y arroz inciden en el crecimiento del PIB.

## **VII. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **7.1. Enfoque metodológico**

El enfoque metodológico a aplicar es cuantitativo porque se recolectan datos para probar hipótesis, con base a mediciones numéricas para probar teorías. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

También porque el tratamiento matemático y econométrico que se les da a las variables, y por las múltiples pruebas estadísticas que se les aplican a los diferentes modelos de regresión lineal múltiple.

### **7.2. Tipo de estudio**

La investigación es de tipo no experimental porque no hay un control directo de las variables, y sus manifestaciones ya ocurrieron. (Barrantes, 2002). Además es un tipo de estudio con alcance correlacional porque tiene como finalidad determinar el grado de relación entre las variables y permite la realización de predicciones. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Es de tipo longitudinal dado que revisan datos de un conjunto de variables dependientes a fines a las actividades agropecuarias en un determinado período de tiempo para dar explicación a un fenómeno u otra variable como es la producción de gases de efecto invernadero.

### 7.3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de las Variables

**Objetivo General:** Determinar la incidencia de la producción de carne bovina, leche y arroz en las emisiones de ( $CO_2$ ) y ( $CH_4$ ) así como el impacto económico de estos gases en Nicaragua en el período de 1990 a 2012 a través de modelos de regresión lineal.

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Variable Operativa	Indicadores	Técnicas	Fuentes de Datos
Describir la evolución de las variables emisiones $CO_2$ y $CH_4$ , producción de carne bovina, leche y arroz y el producto interno bruto.	Gases de Efecto Invernadero y Actividades Agropecuarias e Indicador Económico	Determinación de variables	Modelos econométricos	Organización de datos en series de tiempo	Datos Estadísticos de la CEPAL
Determinar el comportamiento de las emisiones de $CO_2$ y $CH_4$ y su correlación con la producción de carne bovina, leche, y arroz mediante modelos logarítmicos de regresión lineal múltiple.	Gases de Efecto Invernadero y Actividades Agropecuarias	Correlación mediante Modelo Econométrico	Modelo de $CO_2$  Modelo de $CH_4$	Estimación econométrica usando regresión múltiple con mínimos cuadrados ordinarios	Datos Estadísticos de la CEPAL
Estimar el impacto de las emisiones de $CO_2$ y $CH_4$ provenientes de la producción de carne bovina, leche y arroz, sobre el producto interno bruto mediante modelos de regresión lineal múltiple.	Gases de efecto invernadero y actividades agropecuarias	Correlación mediante Modelo Econométrico	Modelo de PIB- $CO_2$  Modelo de PIB- $CH_4$	Estimación econométrica usando regresión múltiple con mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas	Datos Estadísticos de la CEPAL
Pronosticar el comportamiento a futuro (10 años) de la producción de $CO_2$ , $CH_4$ y PIB a través de un modelo de regresión de proceso Gaussiano.	Predicciones de los gases de efecto invernadero y del producto interno bruto	Modelos Predictivos	Función del Modelo de $CO_2$ Función del Modelo de $CH_4$ Función del Modelo PIB	Proceso Gaussiano	Modelos econométricos

## 7.4. Contexto de la muestra

### 7.4.1. Población

La información estadística se obtuvo de la base de datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), dada la disponibilidad total de la información de las variables en el período de estudio.

Los modelos de regresión lineal múltiple tienen las siguientes componentes: Producción de Gases de Efecto Invernadero, Actividades Agropecuarias e Indicadores Económicos.

### 7.4.2. Muestra

Las componentes empleadas en los modelos tienen una frecuencia anual que inicia en el año 1990 y finaliza en el 2012. La información estadística es de Nicaragua, y se delimitaron las componentes en variables para cada modelo:

*Tabla 2: Modelos de Regresión y Variables*

Modelo de Regresión	Variables		Período
	Dependiente	Independiente	
Lineal Múltiple			
Logarítmico	Producción de Dióxido de Carbono	Producción de Carne Bovina Ganado Sacrificado	
Logarítmico	Producción de Metano	Producción de Carne Producción de Arroz Producción de Leche	1990-2012
Cuadrático	PIB	Producción de Dióxido de Carbono	
Logarítmico	PIB	Producción de Metano	

Fuente: Autoría Propia

## **7.5. Materiales y métodos**

### **7.5.1. Materiales para la recolección de información**

**Computadora:** Se empleó para la digitación de los datos empleados en los modelos.

**Excel 2013:** Software del paquete office empleado para organizar las bases de datos para posterior exportación a los demás programas.

**E views:** Software estadístico especializado en análisis econométrico.

### **7.5.2. Metodología para el análisis de datos**

Para conocer el grado de correlación existente entre las variables dependientes e independientes se emplean modelos de regresión lineal múltiple.

#### **Componentes de los modelos**

Modelo 1 y 2:

Las variables dependientes son:

- Metano (kilotoneladas métricas)
- Dióxido de Carbono (kilotoneladas métricas)

Las variables independientes son:

- Producción de Carne bovina (kilotoneladas métricas)
- Ganada sacrificado (miles de cabezas)
- Producción de Leche (kilotoneladas métricas)
- Producción de Arroz (kilotoneladas métricas)

Modelo 3 y 4:

La variable dependiente es:

- Producto Interno Bruto (millones de dólares)

Las variables independientes son:

- Metano (kilotoneladas métricas)
- Dióxido de Carbono (kilotoneladas métricas)

## Determinación de Modelos

Modelo  $CO_2$ :

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i}$$

$\hat{Y}_i$  = Producción de  $CO_2$  (log kilotoneladas métricas)

$X_{1i}$  = Producción de Carne Bovina (log kilotoneladas métricas)

$X_{2i}$  = Ganado sacrificado (log miles de cabezas)

$\hat{\beta}_0$  = Constante (log kilotoneladas métricas)

$\hat{\beta}_1$  = Coeficiente de la Producción de Carne Bovina

$\hat{\beta}_2$  = Coeficiente del Ganado Sacrificado

Modelo  $CH_4$ :

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i}$$

$\hat{Y}_i$  = Producción de  $CH_4$  (log kilotoneladas métricas)

$X_{1i}$  = Producción de Carne Bovina (log kilotoneladas métricas)

$X_{2i}$  = Producción de Arroz (log kilotoneladas métricas)

$\hat{\beta}_0$  = Constante (log kilotoneladas métricas)

$\hat{\beta}_1$  = Coeficiente de la Producción de Carne Bovina

$\hat{\beta}_2$  = Coeficiente de la Producción de Arroz

Modelo  $PIB - CO_2$ :

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i + \hat{\beta}_2 X_i^2$$

$\hat{Y}_i$  = Producto Interno Bruto (millones de dólares)

$X_i$  = Producción de  $CO_2$  (kilotoneladas métricas)

$\hat{\beta}_0$  = Constante (millones de dólares)

$\hat{\beta}_1$  = Coeficiente de la Producción de  $CO_2$

$\hat{\beta}_2$  = Coeficiente segundo de la Producción de  $CO_2$

Modelo  $PIB - CH_4$ :

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$$

$Y_i$  = Producto Interno Bruto (log millones de dólares)

$X_i$  = Producción de  $CH_4$  (log kilotoneladas métricas)

$\beta_0$  = Constante (log millones de dólares)

$\beta_1$  = Coeficiente de la Producción de  $CH_4$

Finalmente se establecen los modelos del PIB, los cuales son compuestos en función de las variables independientes del  $CO_2$  y  $CH_4$

- $(PIB \circ CO_2)(PC, CA) = P(CO_2(PC, CA))$

$PIB - CO_2 \left\langle \begin{array}{l} PC \\ CA \end{array} \right.$

- $(PIB \circ CH_4)(PC, AR, PL) = P(CH_4(PC, AR, PL))$

$PIB - CH_4 \left\langle \begin{array}{l} PC \\ AR \\ PL \end{array} \right.$

### Pruebas Estadísticas y Predicciones

Para completar el análisis econométrico con el programa E views, una vez determinadas las ecuaciones del modelo se procede a realizar diferentes pruebas estadísticas de White, Breusch Godfrey, T-student y la prueba global F de Fisher a los cuatro modelos. Finalmente se realizan las predicciones de las emisiones de dióxido de carbono, metano y el PIB mediante las ecuaciones obtenidas de los modelos para un cierto período de estudio a través de un modelo de regresión de proceso gaussiano.

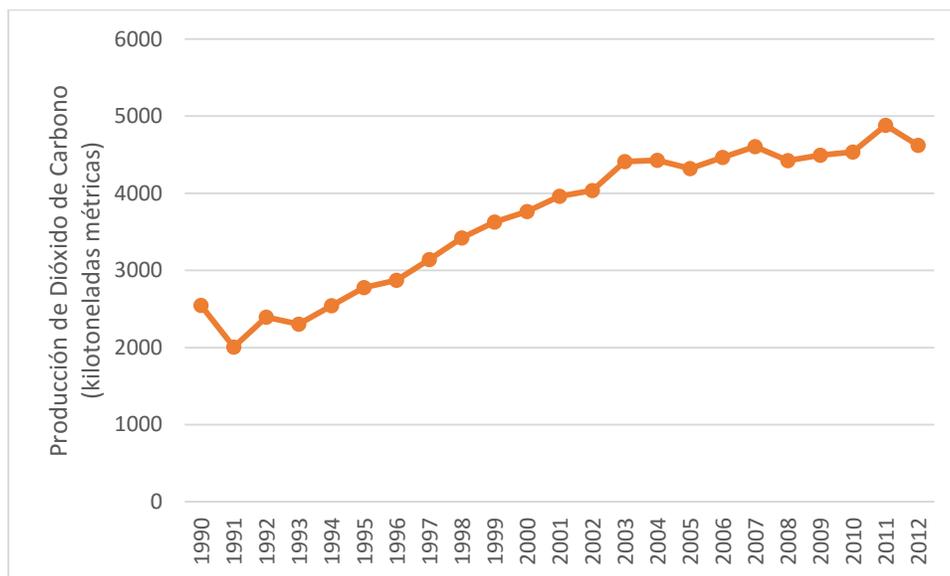
## VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Evolución de las variables de los modelos

#### Evolución de las emisiones de Dióxido de Carbono

El  $CO_2$  es un gas de efecto invernadero compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno, este gas es producido de forma natural y antropogénica en diferentes actividades diarias de los seres humanos.

Figura 1: Producción de  $CO_2$



Como se puede observar en la figura 1, en el año 1991 se emitió la menor cantidad de Dióxido de Carbono en Nicaragua con 2005.8 kilotoneladas métricas. En cambio en el año 2011 fue donde más emisiones atmosféricas de  $CO_2$  ocurrieron con 4880.77 kilotoneladas métricas.

Además también se puede apreciar que después del año 2011, el de mayor crecimiento, las emisiones de este gas sufrieron en el 2012 un decrecimiento de 5.33% pasando de 4880.77 a 4620.40 kilotoneladas métricas.

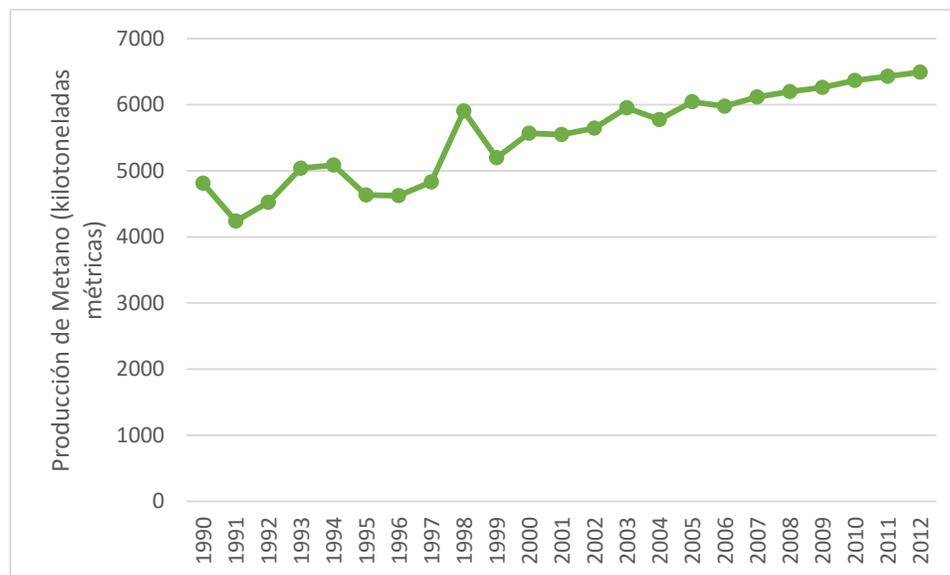
Durante el período de 1993 hasta el año 2004, las emisiones de  $CO_2$  permanecieron creciendo hasta 2005 cuando sufrió un ligera caída de 2.4%.

Las emisiones de  $CO_2$  para el período de 1990 y 1995 la tasa de crecimiento con respecto a la producción de  $CO_2$  fue de 9.06%, para el siguiente período 1996-2001 la tasa de crecimiento tuvo un incremento de 37.88 %. En el período que comprende del 2002 y 2007 las emisiones aumentaron en 14.07 % y para el último período del año 2008 al 2012 las emisiones de este gas de efecto invernadero crecieron 4.47%.

### Evolución de las emisiones de Metano

El metano es un gas que influye en el efecto invernadero del planeta, compuesto por 4 átomos de hidrogeno unido a un solo átomo de carbono, este puede ser liberado a la atmósfera por procesos naturales como la descomposición de la materia orgánica y también por los procesos productivos realizados por los humanos.

Figura 2: Producción de  $CH_4$



Como muestra la figura 2, las emisiones de  $CH_4$  han sufrido transformaciones en el período estudiado, siendo el año 2012, con la mayor cantidad de emisiones con 6491.87 kilotoneladas métricas y el de menor emanación fue el año 1991 con 4240.94 kilotoneladas métricas.

Por otro parte se puede observar que en el período de 1994 al 1997 el gas sufrió un decrecimiento de 5086.28 a 4832.87 kilotoneladas métricas. Al siguiente año, es decir en 1998, registra un repunte de 22.17%.

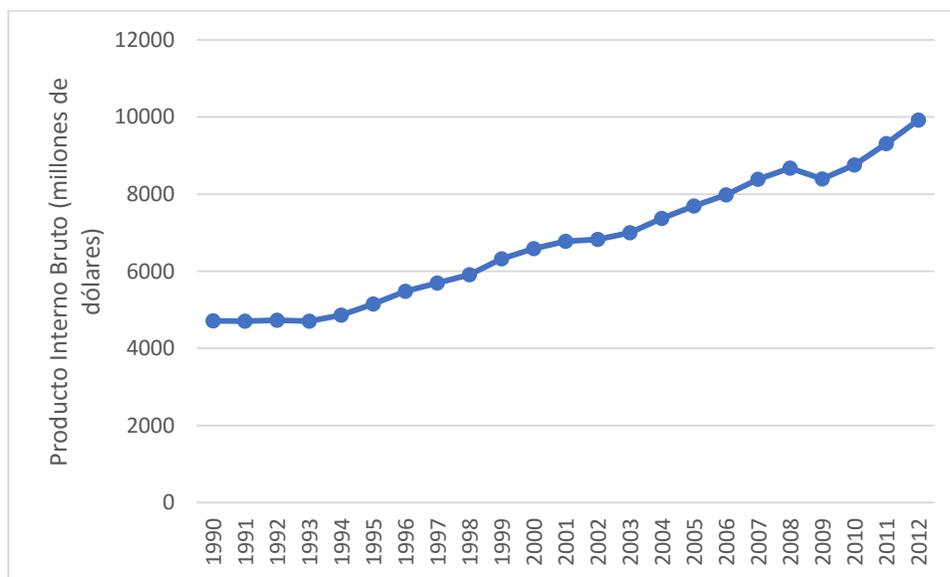
En el período comprendido entre 1990 a 2012, tuvo el siguiente comportamiento:

De 1990-1995, presentó un decrecimiento de 3.66 %. Luego de 1996-2001, hubo un aumento en la emanación correspondiente a un 19.95 %. Para el siguiente período creció 8.39 %. Y concerniente al período de 2008-2012 tuvo un acrecentamiento de 4.73 %.

### **Evolución y comportamiento del PIB**

El PIB es un indicador económico que representa el valor monetario (bienes y servicios) finales producidos de un determinado país en un cierto período de tiempo el cual se emplea para cuantificar la riqueza de un país.

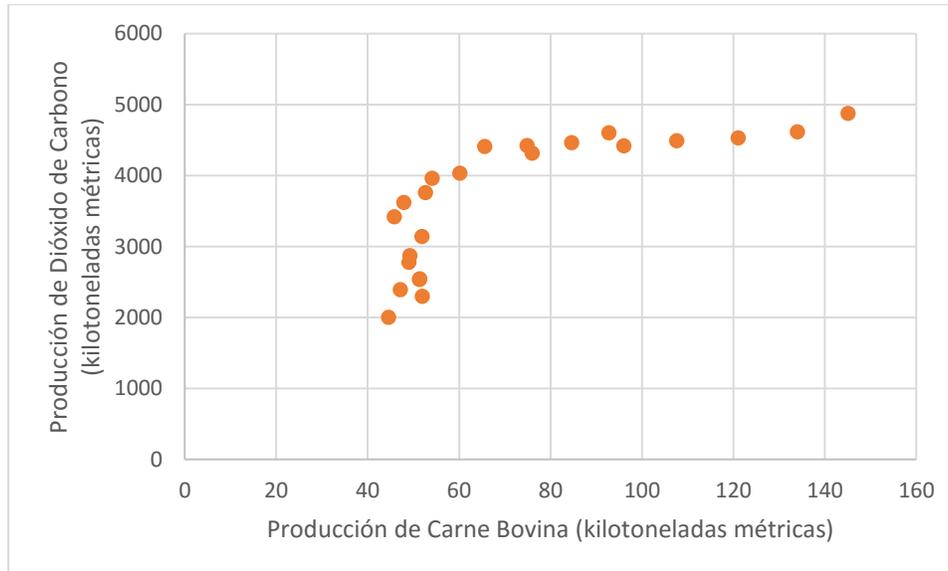
*Figura 3: Producto Interno Bruto*



El PIB para el período correspondiente de 1990 a 1995, la tasa de crecimiento fue de 9.12 %. Para el segundo período fue de 23.70 %, para el tercer período de 2002 al 2007 hubo una tasa de crecimiento de 22.80 %. Del año 2008 al 2012 la tasa de crecimiento fue de 14.32 %.

## Dióxido de Carbono vs Variables Independientes

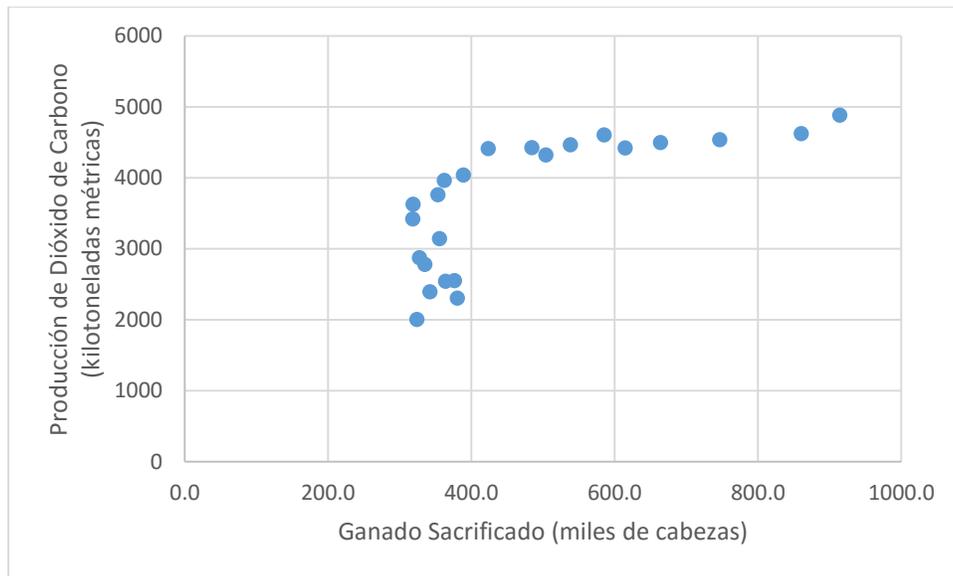
Figura 4: Producción de  $CO_2$  vs Producción de Carne Bovina



En la figura de 4, se observa el comportamiento del Dióxido de Carbono en función de la producción de Carne Bovina la cual ha sufrido cambios en los años en estudio, siendo en el año 2011 donde se obtuvo mayor producción de carne bovina con 145.091 kilotoneladas métricas y por ende fue el año que más se contribuyó a la producción de  $CO_2$  con un incremento de 4888.777 kilotoneladas y el año con menor producción fue el año 1991 con una cifra de 44.543 kilotoneladas métricas y por consiguiente fue el año con menor emanación de  $CO_2$  con 2005.849 kilotoneladas métricas.

A demás se puede observar que la producción de Carne Bovina entre el año 1990 y 1995 tuvo un decrecimiento en su tasa de producción de un 4.56 %. para el siguiente período correspondiente al año 1996 y 2001 la tasa de producción tuvo un crecimiento de 9.90 %. Para el tercer período concerniente al año 2002 y 2007 tuvo un crecimiento en la producción de 54.27 % y para el último período entre el 2008 al 2012 la producción aumentó un 38.51%.

Figura 5: Producción de CO<sub>2</sub> vs Ganado Sacrificado



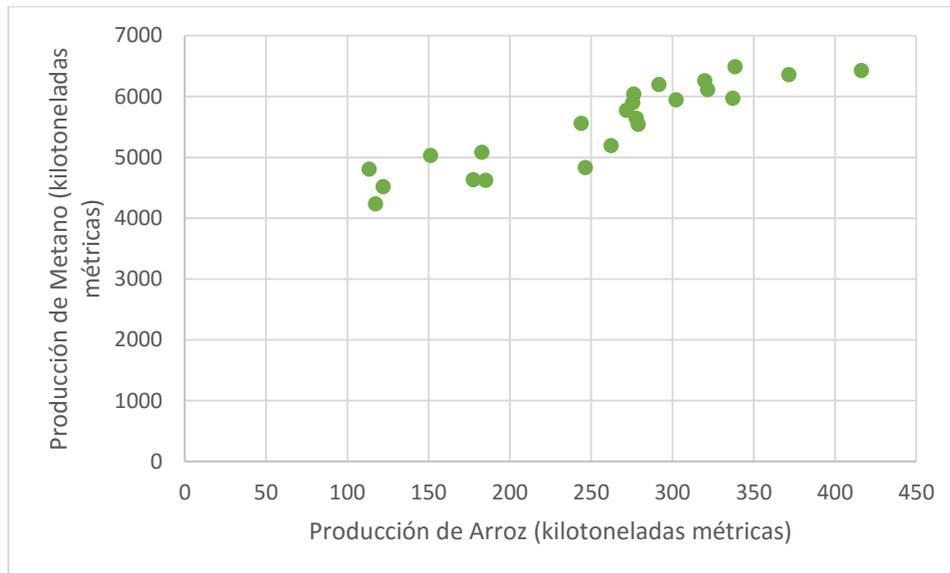
En la gráfica se muestra que el número de cabezas ha tenido variabilidad a lo largo del período de estudio. En el año que mayor hubo sacrificio de ganado fue en el 2011 correspondiente a 914.1 miles de cabeza, y a su vez el año de mayor producción de dióxido de carbono correspondiente a 4880.77 miles de toneladas métricas. En contraste la menor cantidad de miles cabezas de ganado sacrificadas fue de 323.8, en el año 1991, año en el que registró la menor cantidad de emisiones de Dióxido de Carbono.

En general, el comportamiento de la cantidad de ganado sacrificado fue de:

- 1990-1995, decreció 11.04 %.
- 1996-2001, creció 10.62 %
- 2002-2007, creció 50.56 %
- 2008-2012: creció 39.93 %

## Metano vs Variables Independientes

Figura 6: Producción de  $CH_4$  vs Producción de Arroz



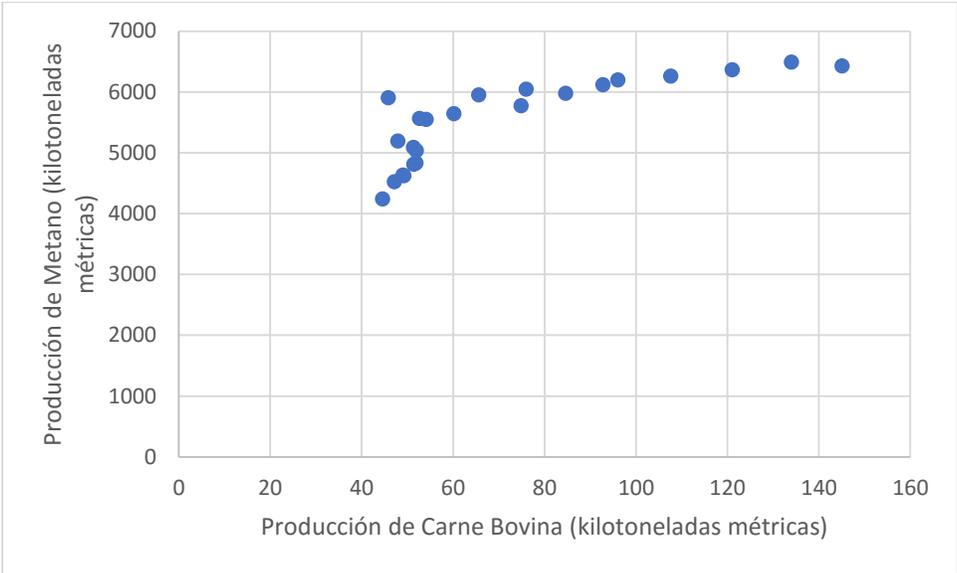
Como muestra la figura 6 la dos variables estudiadas han sufridos diversos cambios en el período, siendo en el año 2011 donde se obtuvo la mayor producción de arroz con 416.17 kilotoneladas métricas, por consiguiente tuvo emisiones de 6428.22 kilotoneladas métricas.

Pese a que fue en ese año donde hubo una mayor producción de arroz, no fue en el que se obtuvo mayores producción de metano, puesto que en el 2012 se emitieron 6491.87 y el año con menor producción de arroz le corresponde al año 1991 con un valor de 113.3 kilotoneladas métricas y por lo que tuvo una producción de metano de 4811.11 kilotoneladas métricas.

De igual manera a pesar que fue en ese año donde se produjo menos producción de arroz, no fue en el que se produjo la menor cantidad de metano dado que en 1991 se emitieron 4240.94 kilotoneladas con una producción de arroz de 117.38 kilotoneladas métricas.

Se puede apreciar en el mismo grafico que en el sexenio concerniente 1990-1995 la producción de arroz tuvo crecimiento de 56.62 %, para el siguiente período de 1996 a 2001 la producción creció un 50.77%, para el tercer período correspondiente al 2002 a 2007 tuvo un incremento de 15.80 %, en cuanto a la producción y para el cuarto y último período quinquenal de 2008 a 2012 la producción de arroz tuvo un aumento del 16.05 %.

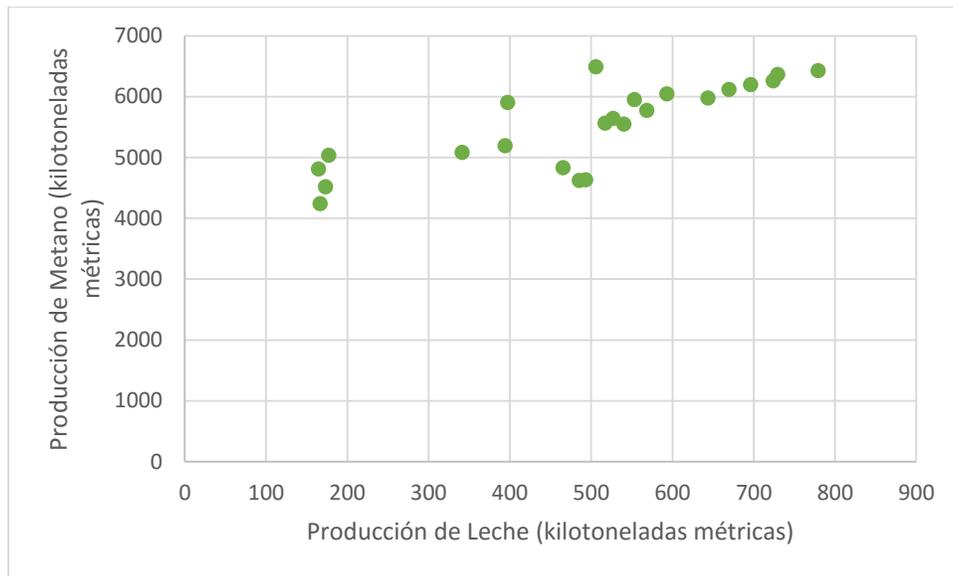
*Figura 7: Producción de CH<sub>4</sub> vs Producción de Carne Bovina*



En la figura 7 se puede apreciar que en el año 2011 se obtuvo mayor producción de carne bovina con 145.09 kilotoneladas métricas, en ese año las emisiones de metano fueron 6428.22 kilotoneladas métricas. Cabe destacar que fue el año con mayor producción de carne bovina, pero no fue el año donde se produjo mayores emisiones sino en el 2012.

Además, podemos observar que en esta misma figura la tasa de crecimiento de carne bovina entre 1990 y 1995 hubo un decrecimiento de 4.56 %, para el siguiente período que corresponde del año 1996 al 2001 tuvo un incremento de 9.90%; para el tercer período concerniente a 2002-2007 tuvo un incremento de 54.28% y para el último año 2008 y 2012 creció un 39.52%.

Figura 8: Producción de  $CH_4$  vs Producción de Leche

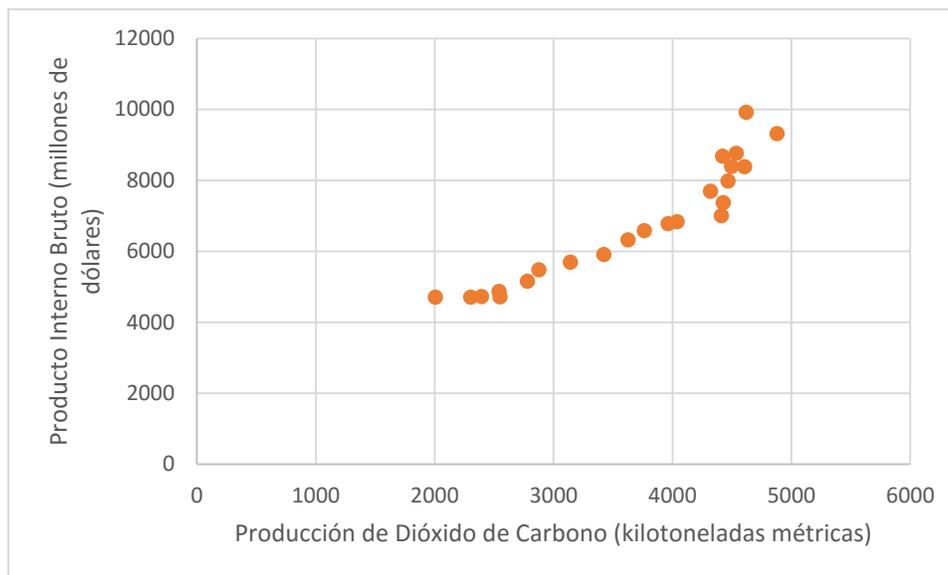


El año con mayor producción de leche según el gráfico anterior fue en el 2011, con una producción de 779.33 kilotoneladas métricas, el cual fue el segundo año con mayor cantidad de emisiones de metano con 6428.22 kilotoneladas métricas. El año con menor producción de leche fue el año 1990 con 164.648 con una producción de metano de 4,811.11 en ese mismo año por consiguiente fue el segundo año con menor emanación de este gas

De 1990 a 1995, la producción de leche aumentó grandemente a una tasa de 199.48 %. Luego en el siguiente período, creció un 11.36 %. Entre los año 2002-2006, siguió creciendo 27 %. Finalmente de 2008 al 2012, decreció 27.33 %.

## Producto Interno Bruto vs Emisiones

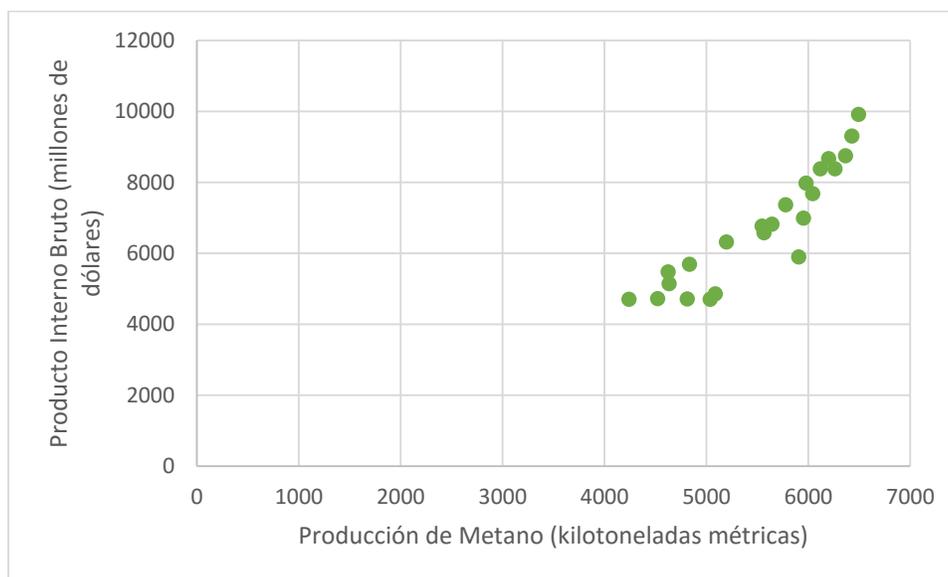
Figura 9: Producto Interno Bruto vs Producción de  $CO_2$



En esta gráfica podemos apreciar que el año 2012 el PIB fue de 9916.76 millones de dólares con una producción de emisiones de dióxido de carbono de 4620.42 kilotoneladas métricas, no obstante no fue en este año donde se obtuvo un mayor incremento de  $CO_2$  dado que fue en el año 2011 que se registraron 4880.77 kilotoneladas métricas emitidas a la atmósfera con un PIB de 9311.85 millones de dólares.

Con respecto al año con menor PIB, fue en el 1993 con 4707.37 millones de dólares, con una producción de este gas correspondiente a 2302.87 kilotoneladas métricas. Cabe de resaltar que fue para el año 1991 donde se produjo menor emisiones de  $CO_2$  con 2005.84 kilotoneladas métricas.

Figura 10: Producto Interno Bruto vs Producción de  $CH_4$



En el año 2012 se dio la mayor cantidad de emisiones de  $CH_4$  correspondiente a 6491.87 kilotoneladas métricas, y fue el año que se registró el PIB más alto con 9916.76 millones de dólares. En cuanto al año que hubo menor emisión de metano fue en 1991 con 4240.94 kilotoneladas, para ese mismo año, el PIB fue de 4707.73 millones de dólares, el segundo año de menor, dado que el año 1993 fue el menor PIB en el período correspondiente.

## 8.2. Modelos Econométricos

### 8.2.1. Modelo de Dióxido de Carbono

Para el primer modelo, el dióxido de carbono se consideró como variable dependiente y como independientes: la producción de carne bovina y las cabezas de ganado sacrificadas en Nicaragua. Para demostrar y brindar mayor confiabilidad se realizaron diferentes tipos de modelos de regresión lineal (véase tabla 3). Siendo el modelo logarítmico el que mejor se ajustaba, por lo tanto fue el elegido para el análisis.

Tabla 3: Modelos de Dióxido de Carbono

Modelo	Forma Funcional
Lineal	$CO_2 = 3596.89 + 202.26 * PC - 30.59 * CA$
Cuadrático	$CO_2 = 3168.57 + 506.26 * PC - 2.36 * PC^2 - 75.93 * CA + 0.06 * CA^2$
Cúbico	$CO_2 = 210.20 + 909.40 * PC - 7.86 * PC^2 + 0.02 * PC^3 - 121.42 * CA + 0.16 * CA^2 - 6.95 \times 10^{-5} * CA^3$
Logarítmico	$\ln CO_2 = 15.87 + 4.29 * \ln PC - 4.21 * \ln CA$

Como resultado de la regresión log lineal se determinó que el coeficiente de correlación de Pearson o  $r^2$  es de 0.8589 lo que indica que las variables independientes explican a razón de un 85.89 % la variación de dióxido de carbono se debe recordar que para que un modelo se ha aceptado su  $r^2$  deberá ser mayor a un 70 % por los niveles de confiabilidad. (Gujarati y Porter, 2010).

Tabla 4: Modelo definitivo de  $CO_2$

Dependent Variable: LCO2

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1990 2012

Included observations: 23 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.87232	1.661574	9.552582	<b>0.0000</b>
LPC	4.290883	0.612527	7.005217	<b>0.0000</b>
LCA	-4.217025	0.688876	-6.121598	<b>0.0000</b>
R-squared	<b>0.858913</b>	Mean dependent var	8.176784	
Adjusted R-squared	<b>0.844804</b>	S.D. dependent var	0.272420	
S.E. of regression	0.107320	Akaike info criterion	-1.504905	
Sum squared resid	0.230350	Schwarz criterion	-1.356797	
Log likelihood	20.30640	Hannan-Quinn criter.	-1.467656	
F-statistic	60.87834	Durbin-Watson stat	1.278967	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Esto quiere decir que la producción de carne y las cabezas de ganado bovino en el país explican en un 84.48% las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmósfera en Nicaragua en el período de 1990 a 2012.

### Pruebas Estadísticas

Se realizó la validación del modelo a través de pruebas de hipótesis.

- **Prueba T student**

La de validación individual dio como resultado el cumplimiento de la hipótesis alterna todos los parámetros son significativos es decir ambas variables independientes son significativas, por lo que son las más adecuadas y las que explican de mejor forma el comportamiento de dicho gas de efecto invernadero debido a que los valores p son iguales a cero.

- **Prueba Global F de Fisher**

Para realizar la prueba, se emplea la ecuación:

$$F = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} \frac{\frac{0.858913}{2}}{\frac{1-0.858913}{20}} = \frac{0.4294565}{7.05435 \times 10^{-3}} = 60.87834$$

Donde  $k = 3$ , y  $n = 23$  y  $R^2 = 0.858913$

Ahora, se calcula F crítica mediante la ecuación:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) \right]^2$$

Donde  $r$  es  $r$  ajustada, siendo  $r = 0.844804$

Por lo que:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+0.844804}{1-0.844804} \right) \right]^2$$
$$F_{crítica} = (1.2377)^2 = 1.53$$

En este caso F crítico es menor que F calculado, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir que el modelo es válido y significativo.

- **Prueba de White**

Una de las bases que garantiza la credibilidad y significancia del modelo de regresión lineal o econométrico es la prueba de que consiste en una regresión auxiliar con valores cruzados en el caso de este modelo al efectuarla resultando que los valores p son mayores a 0.05 por tanto hay evidencia de que en este modelo hay homocedasticidad, es decir que el valor de las variables explicativas no afectará a la varianza del error. (Ver anexo 1)

Esto indica que no hay errores que pueden perturbar la naturaleza de los datos alterar los resultados

- **Test Breush Godfrey**

La elaboración de este test se realizó con dos rezagos obteniendo valores p mayores a 0.05, lo cual evidencia la no existencia de autocorrelación es decir que el termino error de un variable no está correlacionada con el termino error de la otra variable. (Ver anexo 1)

### **Interpretación de la función del modelo**

De la tabla 3, la función del modelo está dada por:

$$CO2 = 15.87 + 4.29 * PC - 4.21 * CA$$

El valor medio de las variables en estudio son los siguientes:

$$\overline{CO2} = 3677.68$$

$$\overline{PC} = 71.95$$

$$\overline{CA} = 473.1$$

Ahora si se toman las siguientes derivadas:

$$\frac{dY}{dX_i}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{\overline{X_i}}{\overline{Y_i}}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{1}{\overline{Y}}$$

$$\frac{dy}{dX_i} * \bar{X}_i$$

En donde  $Y$  representa la variable dependiente ( $CO_2$ ),  $X_i$  las variables independiente ( $X_1 = PC, X_2 = CA$ ), y  $\bar{X}_i$  e  $\bar{Y}$  los valores promedios de las independientes y de la dependiente respectivamente.

- Primera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = \frac{\partial CO_2}{\partial PC} = 4.29$$

Este valor obtenido permite saber que por cada unidad absoluta de la producción de carne bovina, crece el logaritmo de la emisión de  $CO_2$  en 4.29.

Ahora, para:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = \frac{\partial CO_2}{\partial CA} = -4.21$$

Esto quiere decir que por cada unidad absoluta en el logaritmo del sacrificio del ganado, decrece el logaritmo de la emisión de  $CO_2$  en 4.21 unidades absolutas.

- Segunda derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{\bar{X}_1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CO_2}{\partial PC} * \frac{\bar{PC}}{\bar{CO}_2} = 4.29 * \frac{71.95}{3677.68} = 0.08$$

Este resultado representa que por cada unidad porcentual que crezca el logaritmo de producción de carne bovina, crece el logaritmo de las emisiones de dióxido de carbono en 0.08 %.

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \frac{\bar{X}_2}{\bar{Y}} = \frac{\partial CO_2}{\partial CA} * \frac{\bar{CA}}{\bar{CO}_2} = -4.21 * \frac{473.1}{3677.68} = -0.54$$

Lo que indica que por cada unidad porcentual que crezca el logaritmo del número de cabezas de ganado sacrificadas, las emisiones decrecen 0.54 %.

- Tercera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CO_2}{\partial PC} * \frac{1}{\overline{CO_2}} = 4.29 * \frac{1}{3677.68} = 1.2 \times 10^{-3}$$

Multiplicando el resultado por 100, se tiene que por cada unidad absoluta del logaritmo de la producción de carne bovina, el logaritmo las emisiones de dióxido de carbono incrementarán un 0.12 %.

Para  $X_2$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \frac{1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CO_2}{\partial CA} * \frac{1}{\overline{CO_2}} = -4.21 * \frac{1}{3677.68} = -1.1 \times 10^{-3}$$

Igual, multiplicando por 100, se obtiene que por cada unidad absoluta del logaritmo de cabezas de ganado sacrificadas, decrecerán un 0.11 % el logaritmo de la producción de  $CO_2$ .

- Cuarta derivada:

Para  $X_1$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \bar{X}_1 = \frac{\partial CO_2}{\partial PC} * \overline{PC} = 4.29 * 71.95 = 308.66$$

Este resultado se divide por 100, por lo que representa que por cada unidad porcentual que aumenta el logaritmo de la producción de carne bovina, aumenta absolutamente en 0.30866 el logaritmo de la producción de  $CO_2$ .

Para  $X_2$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \bar{X}_2 = \frac{\partial CO_2}{\partial CA} * \overline{CA} = -4.21 * 473.1 = -1991.75$$

De igual manera, dividiendo por 1000, resulta que por cada unidad porcentual que cambia el logaritmo del número de cabezas de ganado, las emisiones de  $CO_2$  disminuyen absolutamente 1.99175 unidades.

### 8.2.2. Modelo de Metano

En el siguiente modelo se realizó una regresión lineal simple en este caso también se corrieron distintos modelos para garantizar que el utilizado para el análisis, resultando nuevamente eficiente el modelo logarítmico (ver tabla 5). En este modelo el metano fue la variable dependiente y la producción de arroz, carne y leche las variables independientes.

Tabla 5: Modelos de Metano

Modelo	Forma Funcional
Lineal	$CH_4 = 3600.77 + 6.66 * ARR + 5.12 * PC - 0.29 * PL$
Cuadrático	$CH_4 = 1680.68 + 21.95 * ARR - 0.030 * ARR^2 + 33.81 * PC - 0.13 * PC^2 - 4.33 * PL + 0.003 * PL^2$
Cúbico	$CH_4 = 310.13 - 5.48 * ARR + 0.09 * ARR^2 - 0.0002 * ARR^3 + 133.81 * PC - 1.35 * PC^2 + 0.005 * PC^3 + 2.85 * PL - 0.01 * PL^2 + 1.31x10^{-5} * PL^3$
Logarítmico	$lnCH_4 = 6.86 + 0.32 * lnARR + 0.12 * lnPC - 0.08 * lnPL$

Luego en la tabla 6 se puede apreciar que el coeficiente de corrección de Pearson demuestra que las variables independientes producción de carne y producción de arroz explican a razón de 87.89% la producción de metano en Nicaragua en el período de 1990 a 2012.

Tabla 6: Modelo definitivo de  $CH_4$

Dependent Variable: LCH4

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.858815	0.153416	44.70737	<b>0.0000</b>
LARR	0.317445	0.075512	4.203904	<b>0.0005</b>

LPC	0.117567	0.040679	2.890140	<b>0.0094</b>
LPL	-0.079179	0.051006	-1.552343	<b>0.1371</b>
<hr/>				
R-squared	<b>0.878916</b>	Mean dependent var	8.610708	
Adjusted R-squared	<b>0.859797</b>	S.D. dependent var	0.128447	
S.E. of regression	0.048095	Akaike info criterion	-3.074499	
Sum squared resid	0.043950	Schwarz criterion	-2.877021	
Log likelihood	39.35673	Hannan-Quinn criter.	-3.024834	
F-statistic	45.97175	Durbin-Watson stat	2.194057	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Para demostrar la significancia del modelo se realizaron sus respectivas pruebas de hipótesis:

- **Prueba T student**

La prueba individual reveló que tanto la producción de carne y arroz son significativas, es decir que explican la producción de metano puesto que sus valores p fueron menores a 0.05, muy cercanos a 0, pero en el caso de la producción de leche no fue significativa debido a que su valor p fue mayor a 0.05, es decir, que pueden existir un parámetro que explique de mejor forma la producción de metano. (Ver tabla 5)

- **Prueba Global F de Fisher**

Se realiza la prueba, empleando la ecuación:

$$F = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} = \frac{\frac{0.878916}{3}}{\frac{1-0.878916}{19}} = \frac{0.292972}{0.00637284} = 45.97$$

Donde  $k = 4$ , y  $n = 23$  y  $R^2 = 0.878916$

Ahora, se calcula F crítica mediante la ecuación:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) \right]^2$$

Donde  $r$  es  $r$  ajustada, siendo  $r = 0.859797$

Por lo que:

$$F_{critica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1 + 0.859797}{1 - 0.859797} \right) \right]^2$$
$$F_{critica} = (1.2925)^2 = 1.67$$

La prueba global dio como resultado que el modelo es válido y significativo ya que cumple con la hipótesis alterna, dado que  $f$  crítico es menor que  $f$  calculado.

- **Test White**

La prueba de White realizada en el programa EViews 9 demostró que el modelo de metano vs la producción de carne bovina, leche y arroz es homocedástico ya que sus parámetros fueron mayores a 0.05, por lo tanto no posee perturbaciones en las varianzas de sus errores, cumpliendo de esta forma con un requisito estadístico. (Ver anexo 2)

- **Test Breush Godfrey**

En el modelo metano no existe la evidencia de autocorrelación, debido que la prueba Test Breush Godfrey indicó que los valores de los parámetros son mayores a 0.05, lo que representa que los errores pasados no afectan a los errores presentes. (Ver anexo 2)

### **Interpretación del modelo**

De la tabla 3, la función del modelo está dada por:

$$CH4 = 6.86 + 0.32 * ARR + 0.12 * PC - 0.08 * PL$$

El valor medio de las variables en estudio son los siguientes:

$$\overline{CH4} = 5532.75$$

$$\overline{ARR} = 255.67$$

$$\overline{PC} = 71.95$$

La interpretación no se tomó para el coeficiente de la producción de leche, dado que no resultó significativo.

Tomando las siguientes derivadas:

$$\frac{dY}{dX_i}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{1}{\bar{Y}}$$

$$\frac{dy}{dX_i} * \bar{X}_i$$

En donde  $Y$  representa la variable dependiente ( $CH_4$ ),  $X_i$  las variables independiente ( $X_1 = ARR, X_2 = PC$ ), y  $\bar{X}_i$  e  $\bar{Y}$  los valores promedios de las independientes y de la dependiente respectivamente.

- Primera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = \frac{\partial CH_4}{\partial ARR} = 0.32$$

Este valor obtenido permite saber que por cada unidad absoluta de la producción de arroz, crece el logaritmo de la emisión de  $CH_4$  en 0.32.

Ahora, para:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = \frac{\partial CH_4}{\partial PC} = 0.12$$

Esto quiere decir que por cada unidad absoluta en el logaritmo de la producción de carne bovina, crece el logaritmo de la emisión de  $CH_4$  en 0.12 unidades absolutas.

- Segunda derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{\bar{X}_1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CH_4}{\partial ARR} * \frac{\overline{ARR}}{\overline{CH_4}} = 0.32 * \frac{255.67}{5532.75} = 0.0148$$

Este resultado representa que por cada unidad porcentual que crezca el logaritmo de producción de arroz, crece el logaritmo de las emisiones de dióxido de metano en 0.0148 %.

Para la producción de carne bovina:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \frac{\bar{X}_2}{\bar{Y}} = \frac{\partial CH_4}{\partial PC} * \frac{\bar{PC}}{\bar{CH}_4} = 0.12 * \frac{71.95}{5532.75} = 0.00156 \%$$

Lo que indica que por cada unidad porcentual que crezca el logaritmo de la producción de carne bovina, las emisiones crecen 0.00156 %.

- Tercera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CH_4}{\partial ARR} * \frac{1}{\bar{CH}_4} = 0.32 * \frac{1}{5532.75} = 5.78 \times 10^{-5}$$

Multiplicando el resultado por 100, se tiene que por cada unidad absoluta del logaritmo de la producción de arroz, el logaritmo las emisiones de metano incrementarán un 0.00578 %.

Para  $X_2$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \frac{1}{\bar{Y}} = \frac{\partial CH_4}{\partial PC} * \frac{1}{\bar{CH}_4} = 0.12 * \frac{1}{5532.75} = 2.17 \times 10^{-5}$$

Multiplicando por 100, se obtiene que por cada unidad absoluta de producción de carne bovina, crecerán un 0.00217 % el logaritmo de la producción de  $CH_4$ .

- Cuarta derivada:

Para  $X_1$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \bar{X}_1 = \frac{\partial CO_2}{\partial ARR} * \bar{ARR} = 0.32 * 255.67 = 81.81$$

Este resultado se divide por 100, por lo que representa que por cada unidad porcentual que aumenta el logaritmo de la producción de arroz, aumenta absolutamente en 0.8181 el logaritmo de la producción de  $CH_4$ .

Para  $X_2$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} * \bar{X}_2 = \frac{\partial CH_4}{\partial PC} * \bar{PC} = 0.12 * 71.95 = 8.634$$

De igual manera, dividiendo por 1000, resulta que por cada unidad porcentual que cambia el logaritmo de la producción de carne bovina, las emisiones de CH4 aumentan absolutamente 0.08634 unidades.

### 8.3. Influencia de las emisiones de $CO_2$ y $CH_4$ sobre el PIB

#### 8.3.1. Influencia del $CO_2$ sobre el producto interno bruto de Nicaragua

Para entender este modelo se debe tener en cuenta el análisis de los acápite anteriores ya que se demostró que la producción de carne y las cabezas de ganado sacrificadas, son determinantes en la producción de dióxido de carbono. Por lo tanto, se parte del supuesto que estas emisiones provenientes de este sector pueden impactar de forma negativa en los recursos que hacen posible la continuidad de la misma actividad y por consiguiente, repercuten en el producto interno bruto del país.

Para demostrar esto de forma empírica, se planteó un modelo de regresión lineal con composición de funciones donde el dióxido de carbono es la variable independiente y el producto interno bruto de Nicaragua es la variable dependiente. Según la tabla de modelos, el que resultó significativo fue el cuadrático.

*Tabla 7: Modelos de Producto Interno Bruto vs Dióxido de Carbono*

<b>Modelo</b>	<b>Forma Funcional</b>
Lineal	$PIB = -34.01 + 1.85 * CO_2$
Cuadrático	$PIB = 11845.21 - 5.31 * CO_2 + 0.001 * CO_2^2$
Logarítmico	$lnPIB = 1.40 + 0.90 * lnCO_2$

Los resultados de esta regresión fueron los siguientes:

El coeficiente de correlación de Pearson arrojó que la relación entre estas variables indicadoras es de 0.9050, esto indica que el dióxido de carbono proveniente de la producción de carne y las cabezas de ganado sacrificadas explican a razón de 90.50 % el crecimiento o decrecimiento del PIB. (Ver tabla 8)

*Tabla 8: Modelo definitivo de PIB – CO<sub>2</sub>*

Dependent Variable: PIB

Method: Two-Stage Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Instrument specification: PC CA

Constant added to instrument list

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	11845.21	3515.562	3.369365	<b>0.0030</b>
CO2	-5.305540	2.099298	-2.527292	<b>0.0200</b>
CO2^2	0.001009	0.000295	3.417516	<b>0.0027</b>
R-squared	<b>0.905060</b>	Mean dependent var	6780.384	
Adjusted R-squared	<b>0.895566</b>	S.D. dependent var	1635.570	
S.E. of regression	528.5538	Sum squared resid	5587383.	
F-statistic	93.59089	Durbin-Watson stat	1.333656	
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR	6559132.	
J-statistic	0.000000	Instrument rank		3

- **Prueba T student**

La validación individual de los parámetros utilizados en el modelo mostró todas las variables son significativas como lo muestra la tabla anterior (tabla 6) todos los valores p fueron menores a 0.05, muy cercanos a 0.

- **Prueba Global F de Fisher**

Para la validación global se demostró que el modelo completo es significativo pues cumple la hipótesis alterna de la prueba de F o prueba de Fisher  $f$  crítico es menor que  $f$  calculado.

Se calculó mediante:

Se realiza la prueba, empleando la ecuación:

$$F = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} \frac{\frac{0.905060}{2}}{\frac{1-0.905060}{20}} = \frac{0.45253}{4.835 \times 10^{-3}} = 93.59$$

Donde  $k = 3$ , y  $n = 23$  y  $R^2 = 0.905060$

Ahora, se calcula  $F$  crítica mediante la ecuación:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) \right]^2$$

Donde  $r$  es  $r$  ajustada, siendo  $r = 0.895566$

Por lo que:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+0.895566}{1-0.895566} \right) \right]^2$$
$$F_{crítica} = (1.4493)^2 = 2.10$$

- **Test White**

La prueba de White descarto heterocedasticidad puesto que al efectuarlas los valores  $p$  del test resultaron ser mayores a 0.05 por lo tanto se cumple la hipótesis de que el modelo es homocedástico. (Ver anexo 4)

- **Test Breush Godfrey**

Al efectuarse la prueba Breush Godfrey se descartó la existencia de autocorrelación dado que los valores  $p$  de la prueba resultaron ser mayores a 0.05 lo que significa que no hay evidencia que los errores pasados afecte a los siguiente. (Ver anexo 4).

## Interpretación del modelo

Identificando la forma funcional del modelo de PIB en la tabla 7, se tiene que:

$$PIB = 11845.21 - 5.31 * CO2 + 0.001 * CO2^2$$

Para encontrar el punto de inflexión del modelo, se deriva parcialmente con respecto a la independiente (CO<sub>2</sub>), y se iguala a cero, por lo que:

$$\frac{\partial PIB}{\partial CO2} = - 5.31 + 2 \times 10^{-3} * CO2 = 0$$

Resolviendo para CO<sub>2</sub>, se tiene que:

$$CO2 = \frac{5.31}{2 \times 10^{-3}} = 2655 \text{ kilotoneladas métricas}$$

Para calcular el valor del PIB en millones de dólares, se sustituye el valor de CO<sub>2</sub>, en la función original, por lo que:

$$PIB(2655) = 11845.21 - 5.31 * (2655) + 0.001 * (2655)^2$$

$$PIB(5310) = 11845.21 - 14098.05 + 7049.025$$

$$PIB(5310) = 4796.19 \text{ millones de dólares}$$

Por lo tanto el punto de inflexión es (2655, 4796.19), lo que quiere decir que cuando la producción de dióxido de carbono alcanza las 2655 kilotoneladas métricas, el PIB llega a los 4796.19 millones de dólares, pero posteriormente al continuar habiendo más emisiones de dióxido de carbono, el PIB decrece.

### 8.3.2. Influencia del CH<sub>4</sub> sobre el producto interno bruto de Nicaragua

Otro de los supuestos de la investigación es la relación que tiene a producción de metano emitida por la producción de arroz, leche y carne bovina sobre el PIB en Nicaragua y es que como se mencionaba se entiende que la producción de este gas contribuye a la alteraciones que pueden alterar o disminuir el rendimiento de los recursos que permiten la continuidad de estas actividades agropecuarias y por lo tanto se espera un impacto en su productividad y la economía del país.

Por ello se planteó comprobar este supuesto de forma experimental, con una regresión lineal de composición de variable donde se modelo las emisiones de  $CH_4$  provenientes de la producción de arroz, carne bovina y leche como variables regresoras y el PIB como variable respuesta, dando como resultado que el modelo logarítmico es el más significativo.

Tabla 9: Modelos de Producto Interno Bruto vs Metano

Modelo	Forma Funcional
Lineal	$PIB = -6658.69 + 2.43 * CH_4$
Cuadrático	$PIB = 19942.29 - 7.45 * CH_4 + 0.0009 * CH_4^2$
Logarítmico	$lnPIB = -7.84 + 1.93 * lnCH_4$

Dando como resultado que las emisiones de metano derivadas de la producción arroz, carne bovina y leche explican en 82.67% el crecimiento o decrecimiento del PIB según lo arroja el coeficiente de correlación de Pearson. (Ver tabla 10)

Tabla 10: Modelo definitivo de PIB –  $CH_4$

Dependent Variable: LPIB  
 Method: Two-Stage Least Squares  
 Sample: 1990 2012  
 Included observations: 23  
 Instrument specification: LARR LPC LPL  
 Constant added to instrument list

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.841543	1.547558	-5.067044	<b>0.0001</b>
LCH4	1.931913	0.179708	10.75029	<b>0.0000</b>
R-squared	<b>0.834658</b>	Mean dependent var		8.793593
Adjusted R-squared	<b>0.826785</b>	S.D. dependent var		0.243884
S.E. of regression	0.101502	Sum squared resid		0.216356
F-statistic	115.5687	Durbin-Watson stat		2.050664
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR		0.117875
J-statistic	4.332759	Instrument Rank		4
Prob(J-statistic)	0.114592			

- **Prueba T student**

La prueba T student dio como resultado que los valores p o probabilidades fueron muy cercanos a cero por lo tanto se infiere que el metano es una variable que influye sobre el PIB, dando de esta manera significancia al modelo. (Ver tabla 9)

- **Prueba Global F de Fisher**

Se realiza la prueba, empleando la ecuación:

$$F = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} = \frac{\frac{0.834658}{1}}{\frac{1-0.834658}{21}} = \frac{0.834658}{0.007222724} = 115.56$$

Donde  $k = 2$ , y  $n = 23$  y  $R^2 = 0.834658$

Ahora, se calcula F crítica mediante la ecuación:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) \right]^2$$

Donde  $r$  es  $r$  ajustada, siendo  $r = 0.826785$

Por lo que:

$$F_{crítica} = \left[ \frac{1}{2} * \ln \left( \frac{1+0.826785}{1-0.826785} \right) \right]^2$$
$$F_{crítica} = (1.17789)^2 = 1.38$$

Por lo que resultó que  $f$  crítico es menor que  $f$  calculado, por lo tanto se cumple la hipótesis alterna así que el modelo es significativo.

- **Test White**

Al realizar la prueba de White en este modelo con un regresión auxiliar de términos cruzados, dio como resultado valores p mayores a 0.05 lo que indica que no hay evidencia de heterocedasticidad es decir que el modelo es homocedástico. (Ver Anexo 4)

- **Breush Godfrey**

La prueba Breush Geoffrey descartó que los errores pasados tenga efecto sobre los presente por lo tanto no existe autocorrelación, esto se puede observar por que los p o probabilidades fueron mayores a 0.05. (Ver Anexo 4)

### **Interpretación del modelo**

De la tabla 9, la función del modelo está dada por:

$$PIB = -7.84 + 1.93 * CH4$$

El valor medio de las variables en estudio son los siguientes:

$$\overline{CH4} = 5532.75$$

$$\overline{PIB} = 6780.38$$

Tomando las siguientes derivadas:

$$\frac{dY}{dX_i}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}_i}$$

$$\frac{dY}{dX_i} * \frac{1}{\bar{Y}}$$

$$\frac{dy}{dX_i} * \bar{X}_i$$

En donde  $Y$  representa la variable dependiente (PIB),  $X_i$  las variables independiente ( $X_1 = CH4$ ), y  $\bar{X}_i$  e  $\bar{Y}$  los valores promedios de las independiente y de la dependiente respectivamente.

- Primera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = \frac{\partial PIB}{\partial CH4} = 1.93$$

Este valor obtenido permite saber que por cada unidad absoluta del logaritmo de las emisiones de metano, crece el logaritmo del PIB en 1.93 unidades absolutas.

- Segunda derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{\overline{X_1}}{\overline{Y}} = \frac{\partial PIB}{\partial CH_4} * \frac{\overline{CH_4}}{\overline{PIB}} = 1.93 * \frac{5532.75}{6780.38} = 1.57$$

Este resultado representa que por cada unidad porcentual que crezca el logaritmo de la producción de metano, crece el logaritmo del PIB en 1.57%.

- Tercera derivada:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \frac{1}{\overline{Y}} = \frac{\partial PIB}{\partial CH_4} * \frac{1}{\overline{PIB}} = 1.93 * \frac{1}{6780.38} = 0.0002846448$$

Multiplicando el resultado por 100, se tiene que por cada unidad absoluta del logaritmo de la producción de metano, el logaritmo del producto interno bruto aumentará en 0.028%.

- Cuarta derivada:

Para  $X_1$ :

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} * \overline{X_1} = \frac{\partial PIB}{\partial CH_4} * \overline{CH_4} = 1.93 * 5532.75 = 10678.21$$

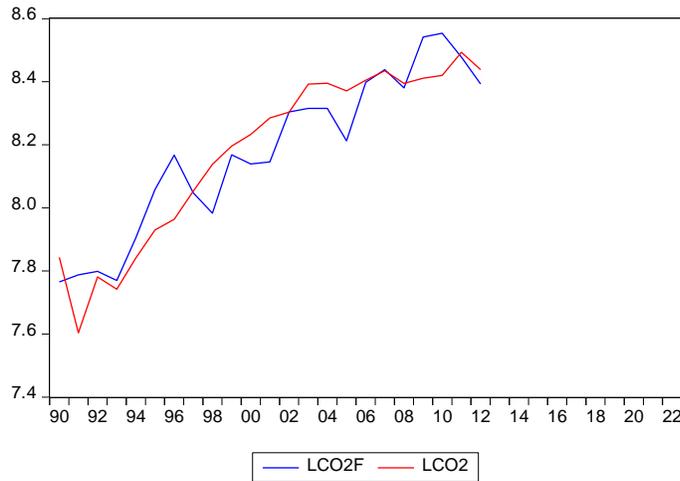
Este resultado se divide por 100, por lo que representa que por cada unidad porcentual que aumenta el logaritmo de la producción de metano, aumenta absolutamente en 10.67 el logaritmo del producto Interno Bruto.

## 8.4. Predicciones de $CO_2$ , $CH_4$ y el PIB

### 8.4.1. Predicciones de Dióxido de Carbono

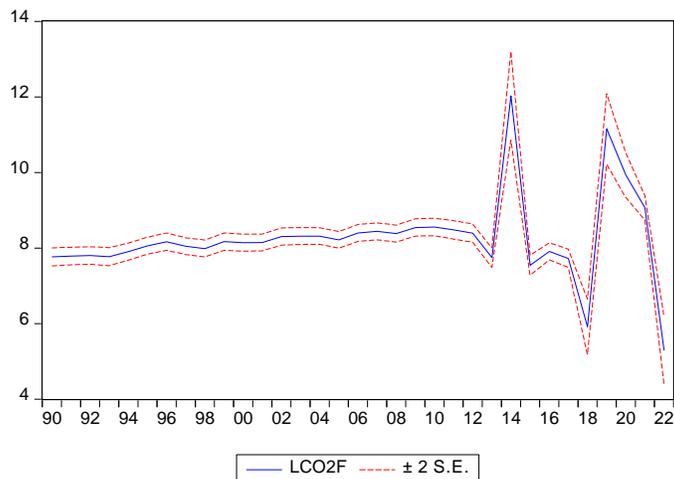
Primeramente se comparó los valores predichos por la ecuación del modelo (LCO2F) con los valores de la muestra (LCO2) para las emisiones de  $CO_2$  cuyos valores están entre  $\pm S.E$ , lo que lo hace significativo.

Figura 11: Emisiones de  $CO_2$  según modelo y muestra



Luego la figura 12 muestra la predicción de las emisiones de  $CO_2$  desde el año 2013 al año 2022 basados en la ecuación del modelo, cuyo comportamiento está dado por sus variables regresoras. En el año 2014, la producción de dióxido de carbono alcanzaría un máximo de 162 754.79 kilotoneladas métricas, y en el 2022 un mínimo de 200.33 kilotoneladas métricas.

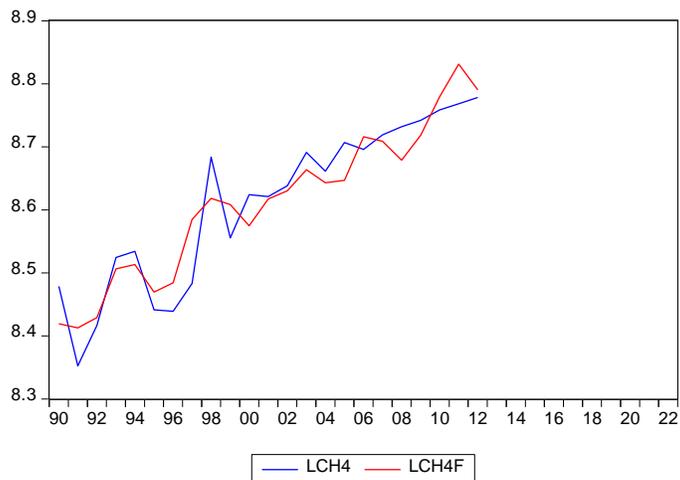
Figura 12: Predicciones  $CO_2$  1990-2022



### 8.4.2. Predicciones de Metano

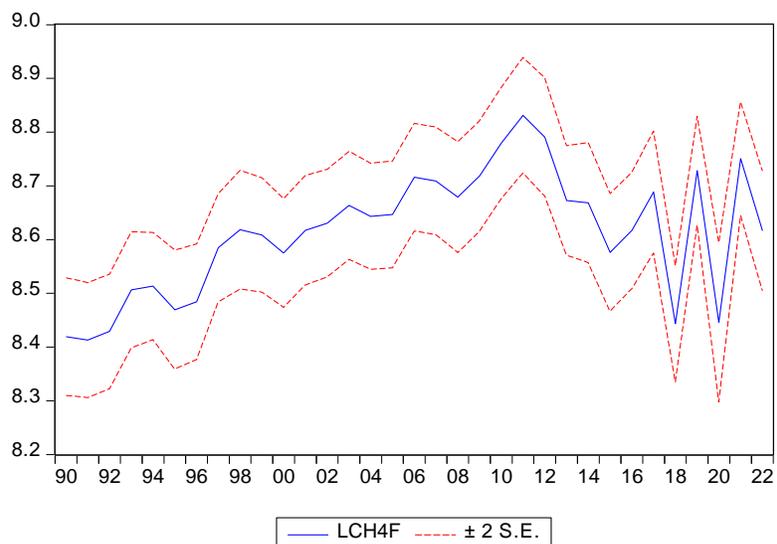
En este modelo se comparó de igual manera los resultados predichos por la ecuación (LCH4F) con los valores reales de las emisiones de metano (LCH4) en el período de estudio, dando como resultado la significancia de dicho modelo, por el bajo S.E.

Figura 13: Emisiones de  $CH_4$  según modelo y muestra



La figura 14 muestra la predicción de las emisiones de  $CH_4$  en el período de estudio y desde el año 2013 al año 2022 basados en la ecuación del modelo, cuyo comportamiento está dado por sus variables regresoras. Los valores predichos son significativos. En el año 2018, y en el 2020, registran una baja en sus emisiones de 4628.55 y de 4675 kilotoneladas respectivamente.

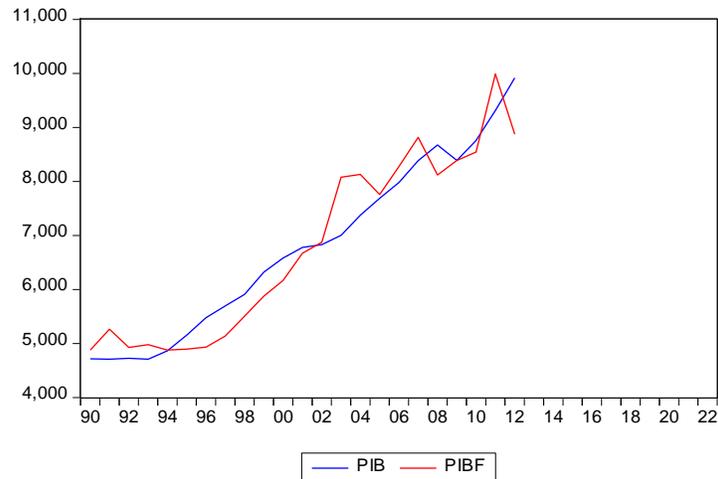
Figura 14: Predicciones  $CH_4$  1990-2022



### 8.4.3. Predicciones de Producto Interno Bruto

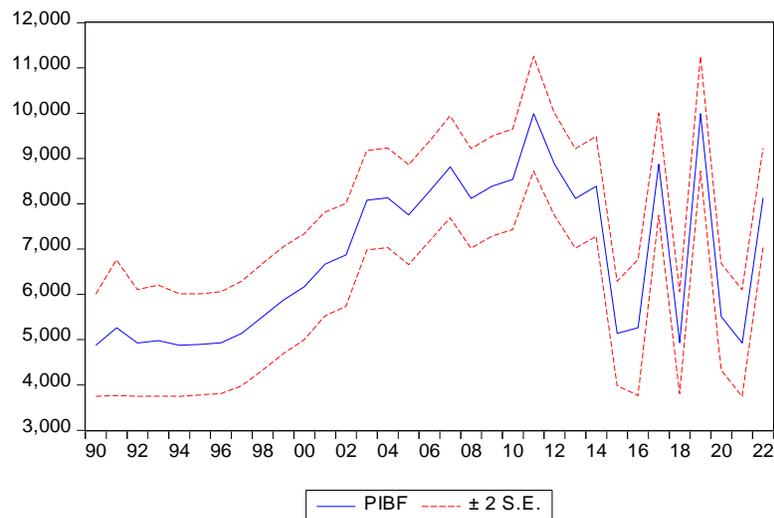
- Producto Interno Bruto modelado por Dióxido de Carbono

Figura 15: PIB por CO<sub>2</sub> según modelo y muestra



El ajuste entre el modelo y los valores reales del PIB presentado en la figura 15, demuestran el grado de precisión con que se puede predecir los datos fuera de la muestra.

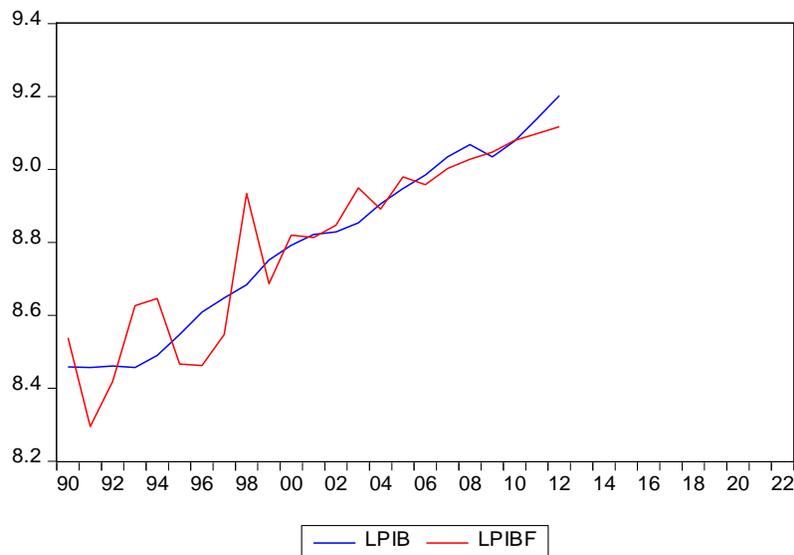
Figura 16: Predicciones PIB-CO<sub>2</sub> 1990-2022



Finalmente se presentan los datos a futuro del producto interno bruto, por las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la producción de carne bovina y las cabezas de ganados sacrificadas, mostrando un comportamiento variable a lo largo plazo. Cabe destacar que para el 2021 predice un valor del PIB de 4927 millones de dólares, dado que en ese año hubo un valor considerablemente alto de las emisiones de dióxido de carbono, más allá del punto de inflexión dada por la ecuación del modelo.

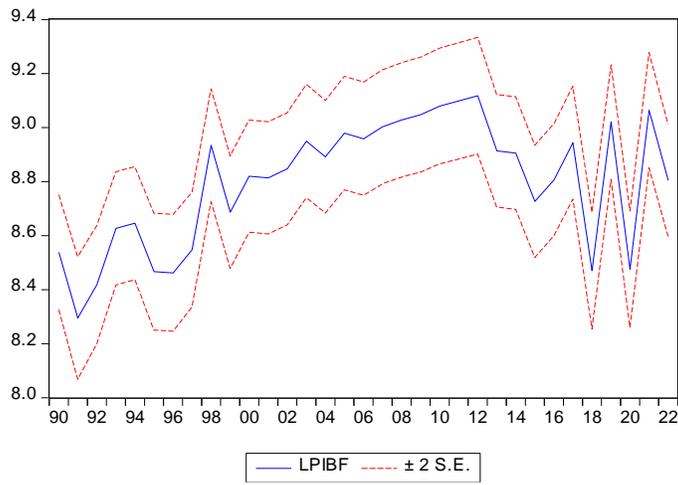
- **Producto Interno Bruto modelado por Metano**

*Figura 17: PIB por CH<sub>4</sub> según modelo y muestra*



En esta figura se muestra el producto interno bruto en función del metano producido por sus variables regresoras. Su comportamiento entra en el margen de error estándar lo suficiente bajo para considerar significativa la variable y el comportamiento a futuro.

Figura 18: Predicciones PIB-CH<sub>4</sub> 1990-2022



Por lo tanto el gráfico anterior muestra más allá de los valores de la muestra obtenidos a través de la ecuación del modelo, más allá hasta el año 2022, manteniendo un error estándar bajo, por lo que permite conocer el PIB a partir de las emisiones de metano. En el año 2018 y en el 2020, tiene bajas en sus valores de 4769.51 y 4817.44 millones de dólares respectivamente, lo cual está condicionado por los valores del metano y del comportamiento de sus regresoras.

## IX. CONCLUSIONES

- El desarrollo de la evolución de las variables en estudio permitió establecer la correlación y la naturaleza causal entre las variables.
- Se determinó que la producción de carne bovina y las cabezas de ganado sacrificadas explican a razón de un 85.59%, la producción de dióxido carbono, es decir, que por cada unidad absoluta de la producción de carne bovina, crece la emisión de  $CO_2$  en 72.96 kilotoneladas métricas, mientras que las cabezas de ganado sacrificadas las hace disminuir en 67.35 kilotoneladas métricas
- Se estableció que producción de carne y producción de arroz explican a razón de 87.89% la producción de metano en Nicaragua por lo que se estima que por que por cada unidad absoluta de la producción de arroz y de carne bovina, crece el logaritmo de la emisión de  $CH_4$  en 1.37 y 1.12 kilotoneladas métricas respectivamente.
- Al realizar la prueba t student evidenció que la producción de leche como variable en el modelo metano, no es significativa, es decir, no tiene un impacto relevante sobre la producción de este gas de invernadero, por lo tanto, existen otras variables que pueden explicar de mejor forma las emanaciones.
- Se determinó que cuando la producción de dióxido de carbono alcanza las 2655 kilotoneladas métricas, el PIB llega a los 4796.19 millones de dólares, pero posteriormente al continuar habiendo más emisiones de dióxido de carbono, el PIB decrece. Y por cada unidad absoluta de las emisiones de metano, crece el PIB en 6.88 millones de dólares.
- Se realizaron las predicciones del dióxido de carbono, el metano y el producto interno bruto dentro y fuera de la muestra para validar la significancia de los modelos y para determinar el comportamiento a futuro de estas variables. Por lo que se presentaron las predicciones a 10 años a partir de la ecuación de los modelos econométricos utilizados, resultando ser significativos por su bajo error estándar.

## **X. RECOMENDACIONES**

- A las autoridades correspondientes: facilitar la disponibilidad y las respectivas actualizaciones de las bases de datos, para que permitan profundizar y mejorar la eficacia de estos tipos de estudio.
- A los docentes y estudiantes del Departamento de Biología: realizar estudios econométricos aplicados al comportamiento de variables ambientales que permitan evidenciar y sustenta los principales problemas ambientales que aquejan el país.
- A las instituciones correspondientes: emplear esta investigación para elaborar planes de gestión ambiental que contribuyan a la disminución de las emanaciones de dióxido de carbono y metano provenientes de las actividades estudiadas.
- A las autoridades universitarias: impulsar el estudio de la influencia de las actividades económicas sobre la calidad ambiental de Nicaragua y las repercusiones de estos impactos sobre la calidad de los nicaragüenses.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Barrantes, R. (2002). *Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. EUNED: Costa Rica.
- Buchot, E. (2018). *Economía en Nicaragua*. Recuperado de [http://www.voyages.hotosmanu.com/economia\\_nicaragua.html](http://www.voyages.hotosmanu.com/economia_nicaragua.html)
- Butze, W. (2004). El cambio climático: un problema de energía. *El cotidiano*, 19. 66-79. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512307.pdf>
- Carmona, J., Bolívar D., y Giraldo, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18 (1). 49-63.
- Chang, R. (2010). *Química*. McGraw Hill: México.
- Cornejo, M. (2015). *Aplicaciones del metano*. Boletín científico de la universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n4/m2.html?fbclid=IwAR2iUbEyBM5KGfqtY-xhZqdEoG68cNELwASOzPpjml0nZeqxqvG2S5xwU2M>
- Corzo, H. (2015). *Un análisis econométrico del calentamiento global*. Bilbao: Universidad del País Vasco. Recuperado de <https://addi.ehu.es/handle/10810/16711>
- Ecoadmin (2012). *Dióxido de carbono*. Ecología hoy. Recuperado de <https://www.ecologiahoy.com/dioxido-de-carbono>
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*. McGraw Hill: España.
- Jaforullah, M., & King, A. (2017). The econometric consequences of an energy consumption variable in a model of CO2 emissions. *Energy Economics*, 63. 84-91.
- Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill: México
- Honty, G. (2016). *Agropecuaria y Cambio climático*. Recuperado de <http://agropecuaria.org/2016/05/agropecuaria-y-cambio-climatico/>

- Houghton, R (2007). Balancing the Global Carbon Budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35. 313-347.
- Hube, S., Alfaro, M., Ramírez, L., Donoso, G y Paredes, M. (2015). *Contribución del cultivo del arroz al cambio climático*. En M. paredes y V. Becerra (Eds.), *Producción de arroz buenas prácticas agrícolas* (pp. 5-7).
- Jaramillo, V. (2004). *Ciclo global del carbono*. En Martínez, J y Fernández, A. (Comps.). *Cambio climático una visión desde México*. Recuperado de <https://ens9004-mza.infod.edu.ar/sitio/upload/3-%20MARTINEZ%20&%20FERNANDEZ%20-%20LIBRO%20-%20Cambio%20Clim%20E1tico%20-%20Una%20visi%20n%20desde%20M%20E9xico.pdf?fbclid=IwAR0VzsyLWdbdzNasbogvUQHLDjL4MA0zQA5ySjOYbDYszN8uW1yjkuuuPRI#page=75>
- Ketelhöhn, N (2012). *Estrategia de competitividad para la agricultura en Nicaragua*. Recuperado de <https://www.estrategiaynegocios.net/centroamericaymundo/centroamerica/nicaragua/474122-330/estrategia-de-competitividad-para-la-agricultura-en-nicaragua>
- Lacayo, L. (2013). Sector agropecuario predomina la economía. *El Nuevo Diario*. Recuperado de <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/289479-sector-agropecuario-predomina-economia/>
- Methane to Markets (2008). *La importancia del metano y las actividades de reducción de sus emisiones*. Recuperado de [https://www.globalmethane.org/documents/methane\\_fs\\_spa.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/methane_fs_spa.pdf)
- Ministerio Agropecuario (2017). *Nicaragua reporta un sustancial crecimiento en el Hato Ganadero*. Recuperado de <https://www.mag.gob.ni/index.php/87-noticias/217-nicaragua-reporta-un-sustancial-crecimiento-en-el-hato-ganadero>
- Ministerio agropecuario y forestal. (2000). *Estrategias para el desarrollo de la Agricultura Nacional, Horizonte 2010: Un enfoque hacia la seguridad alimentaria*. Recuperado de [https://www.paho.org/nic/index.php?option=com\\_docman&view=download&](https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&)

category\_slug=publicaciones-antteriores&alias=204-estrategias-agricolas-2010-enfoque-sa&Itemid=235

- Obregón, I y Osejo, H (2007). *Caracterización de sistemas de producción bovina en el Municipio de San Pedro de Lóvago – Chontales*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/1388/1/tnl01o13.pdf>
- Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2015). *Informe económico y comercial: Nicaragua*. Recuperado de <http://www.comercio.gob.es/tmpDocsCanalPais/CDC072727505F658FC3691E4512AADA7.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente. La ganadería amenaza el medio ambiente*. Recuperado de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. (2007). *Informe sobre el estado de los recursos zogenéticos de Nicaragua*. Recuperado de <http://www.fao.org/AG/AGAInfo/programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Nicaragua.pdf>
- Patiño, L. (2016). *Avance tesis doctoral: Capítulo 2 Relación entre energía, emisiones de CO2 y PIB per cápita en Colombia*. Universidad Autónoma de Barcelona: España. Recuperado de [http://pagines.uab.cat/appliedeconomics/sites/pagines.uab.cat/appliedeconomics/files/Pati%C3%B1o,%20I.\\_paper.pdf](http://pagines.uab.cat/appliedeconomics/sites/pagines.uab.cat/appliedeconomics/files/Pati%C3%B1o,%20I._paper.pdf)
- Ruiz, G. (2018). El agro, sector clave de la economía de Nicaragua. *La Prensa*. Recuperado de <https://www.laprensa.com.ni/2018/02/28/economia/2383967-el-agro-sector-clave-en-la-economia-de-nicaragua>
- Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F., y Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34, 83-96.

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T, Castel, V., Rosales, M., y Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>
- Universidad de Guadalajara (2010). *Econometría*. Recuperado de [https://universidad-une.com/contenido/bc905494f\\_archivo\\_guia\\_estudio.pdf](https://universidad-une.com/contenido/bc905494f_archivo_guia_estudio.pdf)
- Zilio, M. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, 14 (22), 133-161.

## ANEXOS

- **Tablas de Pruebas Estadísticas**

### Anexo 1: Pruebas de Modelo CO<sub>2</sub> vs independientes

Tabla 11: Prueba de White-Modelo CO<sub>2</sub>

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.992228	Prob. F(4,18)	0.4370
Obs*R-squared	4.155188	Prob. Chi-Square(4)	0.3854
Scaled explained SS	2.176183	Prob. Chi-Square(4)	0.7034

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.112478	1.218862	-0.092281	0.9275
LPC^2	0.396514	0.485033	0.817499	0.4243
LPC*LCA	-0.553584	0.750076	-0.738036	0.4700
LPC	0.158036	0.600629	0.263117	0.7954
LCA^2	0.178460	0.253482	0.704034	0.4904

R-squared	0.180660	Mean dependent var	0.010015
Adjusted R-squared	-0.001415	S.D. dependent var	0.012053
S.E. of regression	0.012061	Akaike info criterion	-5.808014
Sum squared resid	0.002618	Schwarz criterion	-5.561167
Log likelihood	71.79216	Hannan-Quinn criter.	-5.745932
F-statistic	0.992228	Durbin-Watson stat	2.512400
Prob(F-statistic)	0.436980		

Tabla 12: Prueba de Breusch-Godfrey-Modelo CO<sub>2</sub>

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.357084	Prob. F(2,18)	0.2825
Obs*R-squared	3.013679	Prob. Chi-Square(2)	0.2216

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.903180	1.833591	-0.492574	0.6283
LPC	-0.320777	0.675243	-0.475054	0.6405
LCA	0.369120	0.760983	0.485056	0.6335
RESID(-1)	0.378541	0.239483	1.580655	0.1314
RESID(-2)	0.014344	0.252007	0.056919	0.9552
R-squared	0.131030	Mean dependent var	-2.32E-15	
Adjusted R-squared	-0.062075	S.D. dependent var	0.102325	
S.E. of regression	0.105453	Akaike info criterion	1.471438	
Sum squared resid	0.200167	Schwarz criterion	1.224591	
Log likelihood	21.92153	Hannan-Quinn criter.	1.409356	
F-statistic	0.678542	Durbin-Watson stat	1.853479	
Prob(F-statistic)	0.615680			

## Anexo 2: Pruebas de Modelo CH4 vs independientes

Tabla 13: Prueba de White-Modelo CH<sub>4</sub>

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.507552	Prob. F(9,13)	0.8444
Obs*R-squared	5.980389	Prob. Chi-Square(9)	0.7419
Scaled explained SS	2.992483	Prob. Chi-Square(9)	0.9646

Test Equation:

Dependent Variable: RESID<sup>2</sup>

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.095966	0.231604	0.414355	0.6854
LARR <sup>2</sup>	-0.023291	0.033097	-0.703716	0.4940
LARR*LPC	-0.019956	0.025803	-0.773399	0.4531
LARR*LPL	0.037860	0.036943	1.024823	0.3241
LARR	0.102762	0.147124	0.698475	0.4972
LPC <sup>2</sup>	0.021456	0.015125	1.418574	0.1796
LPC*LPL	0.000939	0.017676	0.053123	0.9584
LPC	-0.081412	0.083074	-0.979993	0.3450
LPL <sup>2</sup>	-0.011612	0.014677	-0.791194	0.4430
LPL	-0.064566	0.090163	-0.716097	0.4866
R-squared	0.260017	Mean dependent var	0.001911	
Adjusted R-squared	-0.252279	S.D. dependent var	0.002366	
S.E. of regression	0.002648	Akaike info criterion	-8.731214	
Sum squared resid	9.11E-05	Schwarz criterion	-8.237521	
Log likelihood	110.4090	Hannan-Quinn criter.	-8.607051	
F-statistic	0.507552	Durbin-Watson stat	1.757197	
Prob(F-statistic)	0.844403			

Tabla 14: Prueba de Breusch-Godfrey-Modelo CH4

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.225985	Prob. F(2,17)	0.8001
Obs*R-squared	0.595652	Prob. Chi-Square(2)	0.7424

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000877	0.160088	-0.005481	0.9957
LARR	0.007979	0.096495	0.082683	0.9351
LPC	-0.004824	0.047258	-0.102070	0.9199
LPL	-0.003748	0.064167	-0.058415	0.9541
RESID(-1)	-0.118385	0.261678	-0.452408	0.6567
RESID(-2)	0.100810	0.322705	0.312392	0.7585

R-squared	0.025898	Mean dependent var	-2.91E-15
Adjusted R-squared	-0.260603	S.D. dependent var	0.044696
S.E. of regression	0.050183	Akaike info criterion	-2.926825
Sum squared resid	0.042812	Schwarz criterion	-2.630609
Log likelihood	39.65848	Hannan-Quinn criter.	-2.852327
F-statistic	0.090394	Durbin-Watson stat	1.900646
Prob(F-statistic)	0.992694		

### Anexo 3: Pruebas de Modelo PIB vs CO2

Tabla 15: Prueba de White-Modelo PIB-CO<sub>2</sub>

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.923505	Prob. F(4,18)	0.4720
Obs*R-squared	3.916400	Prob. Chi-Square(4)	0.4174
Scaled explained SS	2.443921	Prob. Chi-Square(4)	0.6547

Test Equation:

Dependent Variable: RESID<sup>2</sup>

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8669447.	20845422	0.415892	0.6824
CO2 <sup>2</sup>	4.794828	11.86915	0.403974	0.6910
CO2*CO2 <sup>2</sup>	-0.000955	0.002346	-0.407055	0.6888
CO2	-10556.44	26022.05	-0.405673	0.6898
CO2 <sup>2</sup> <sup>2</sup>	7.10E-08	1.70E-07	0.417735	0.6811
R-squared	0.170278	Mean dependent var	242929.7	
Adjusted R-squared	-0.014104	S.D. dependent var	319114.2	
S.E. of regression	321356.8	Akaike info criterion	28.38815	
Sum squared resid	1.86E+12	Schwarz criterion	28.63500	
Log likelihood	-321.4637	Hannan-Quinn criter.	28.45023	
F-statistic	0.923505	Durbin-Watson stat	1.521936	
Prob(F-statistic)	0.472001			

Tabla 16: Prueba de Breusch-Godfrey-Modelo PIB-CO<sub>2</sub>

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Obs*R-squared	2.835050	Prob. Chi-Square(2)	0.2423
---------------	----------	---------------------	--------

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Two-Stage Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2626.814	3901.315	0.673315	0.5093
CO2	-1.557625	2.327246	-0.669300	0.5118
CO2^2	0.000218	0.000327	0.665744	0.5140
RESID(-1)	0.260055	0.302158	0.860658	0.4007
RESID(-2)	0.259861	0.295691	0.878828	0.3911

R-squared	0.123263	Mean dependent var	1.92E-12
Adjusted R-squared	-0.071567	S.D. dependent var	503.9563
S.E. of regression	521.6781	Akaike info criterion	15.54164
Sum squared resid	4898666.	Schwarz criterion	15.78849
Log likelihood	-173.7288	Hannan-Quinn criter.	15.60372
F-statistic	0.632668	Durbin-Watson stat	1.774316
Prob(F-statistic)	0.645619		

## Anexo 4: Pruebas de Modelo PIB vs CH4

Tabla 17: Prueba de White-Modelo PIB-CH<sub>4</sub>

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.806749	Prob. F(2,20)	0.4603
Obs*R-squared	1.717003	Prob. Chi-Square(2)	0.4238
Scaled explained SS	1.690170	Prob. Chi-Square(2)	0.4295

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.174228	17.13366	-0.068533	0.9460
LCH4^2	-0.019740	0.232629	-0.084855	0.9332
LCH4	0.307470	3.993261	0.076997	0.9394

R-squared	0.074652	Mean dependent var	0.009407
Adjusted R-squared	-0.017882	S.D. dependent var	0.014781
S.E. of regression	0.014912	Akaike info criterion	-5.452145
Sum squared resid	0.004448	Schwarz criterion	-5.304037
Log likelihood	65.69967	Hannan-Quinn criter.	-5.414896
F-statistic	0.806749	Durbin-Watson stat	2.269532
Prob(F-statistic)	0.460309		

Tabla 18: Prueba de Breusch-Godfrey-Modelo PIB-CH<sub>4</sub>

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Obs*R-squared	4.233618	Prob. Chi-Square(2)	0.1204
---------------	----------	---------------------	--------

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Two-Stage Least Squares

Sample: 1990 2012

Included observations: 23

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.616912	1.499873	-0.411309	0.6854
LCH4	0.071322	0.174139	0.409569	0.6867
RESID(-1)	-0.097166	0.211978	-0.458375	0.6519
RESID(-2)	-0.444489	0.216656	-2.051592	0.0543

R-squared	0.184070	Mean dependent var	-4.64E-16
Adjusted R-squared	0.055239	S.D. dependent var	0.099168
S.E. of regression	0.096391	Akaike info criterion	-1.684047
Sum squared resid	0.176532	Schwarz criterion	-1.486569
Log likelihood	23.36654	Hannan-Quinn criter.	-1.634382
F-statistic	1.428774	Durbin-Watson stat	2.341176
Prob(F-statistic)	0.265494		

- **Glosario**

**Autocorrelación:** Es la correlación entre los términos de error de un modelo de regresión. Su efecto es que invalida uno de los supuestos que fundamentan el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios y, por lo tanto, hace necesario una modificación de tal procedimiento.

**Coefficiente de  $r^2$ :** Es el coeficiente de determinación que representa un valor del ajuste de una línea de regresión, mide la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por las variaciones de las variables explicativas.

**Correlación:** Es la relación que existe entre dos variables X, Y. Su valor está entre -1 y 1.

**Covarianza:** Es una medida de dispersión conjunta de las dos variables de un conjunto de datos bivariados.

**Econometría:** Consiste en la aplicación de la estadística matemática a los datos económicos con el objeto de proporcionar no sólo un apoyo empírico, a los modelos construidos por la economía matemática sino una forma de obtener resultados numéricos.

**El estimador o estadístico muestral:** Es un método que dice cómo estimar el parámetro poblacional a partir de la información proporcionada por la muestra que se tenga.

**Estimador insesgado:** cuando coincide con el valor del parámetro que se desea estimar.

**Grados de libertad:** permite saber la variabilidad del evento de una muestra, es decir es el valor numérico que podemos elegir libremente teniendo un total fijo.

**Heterocedasticidad:** Es cuando las perturbaciones no son constante a lo largo de toda las observaciones, por lo tanto, la variabilidad es diferente para cada observación.

**Homoscedasticidad:** Significa igual varianza  $u_i$ . La varianza de  $u_i$  para cada  $X_i$  es número positivo constante igual a  $\sigma^2$ , esto implica igual dispersión o igual varianza.

**Mínimo cuadrado ordinario (MCO):** Es un método que se emplea para estimar o predecir el valor de una variable en función de valores de otra variable, teniendo como antecedente el comportamiento de un conjunto de datos del mismo tipo.

**Nivel de confianza:** Es una inferencia estadística en donde se tiene que la probabilidad de que un valor se encuentre dentro del intervalo de confianza, el de mayor uso es de 95%, pero también son usuales el de 90% y 99%.

**Predicción:** permite planificar o prever el comportamiento de una variable explicativa.

**Prueba de hipótesis:** Es un método para decidir cuándo aceptar o rechazar una hipótesis, tomando como base una muestra aleatoria de la población de donde se ha de formular la hipótesis.

**Prueba de significancia:** Es un procedimiento mediante el cual se utilizan los resultados de la muestra para verificar la veracidad o falsedad de la hipótesis mediante un estadístico de prueba, estimador, y la distribución muestral.

**Prueba t de student:** Es utilizada para medir la significancia estadística de los parámetros del modelo, es decir, los betas. Recordando que bajo el supuesto de normalidad la variable

**Serie de tiempo:** Es una secuencia cronológica de observaciones de una variable o conducta particular durante un período determinado.

**Varianza:** Es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, la cual se obtiene de la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

- **Base de datos**

*Tabla 19: Variables de los Modelos*

<b>Año</b>	<b>Dióxido de Carbono</b>	<b>Metano</b>	<b>Producto Interno Bruto</b>	<b>Producción de Carne Bovina</b>	<b>Cabezas de Ganado Sacrificadas</b>	<b>Producción de Arroz</b>	<b>Producción de Leche</b>
1990	2548.565	4811.11	4716.68175	51.399	376.6	113.3	164.648
1991	2005.849	4240.94	4707.7384	44.543	323.8	117.38	166.54
1992	2394.551	4521.1	4725.93708	47.167	342.3	122.07	172.975
1993	2302.876	5035.93	4707.37443	51.955	380.3	151.22	177.138
1994	2541.231	5086.28	4864.48103	51.323	363.8	182.8	341.131
1995	2779.586	4634.88	5152.06467	49.055	335.0	177.46	493.098
1996	2874.928	4624.33	5478.92547	49.205	327.5	185.01	485.256
1997	3142.619	4832.87	5696.25532	51.879	355.5	246.36	465.57
1998	3421.311	5904.26	5907.68217	45.831	318.2	275.5	397.231
1999	3626.663	5194.69	6323.34495	47.893	318.5	262.35	394.224
2000	3762.342	5564.9	6582.70264	52.647	353.1	243.79	517.037
2001	3964.027	5547.16	6777.60617	54.077	362.3	278.95	540.382
2002	4037.367	5644.02	6828.70518	60.136	388.8	277.76	527.042
2003	4411.401	5950.79	7000.8386	65.591	423.6	302.3	553.196
2004	4426.069	5775.63	7372.73508	74.864	484.6	271.68	568.445
2005	4319.726	6044.09	7688.46497	76	504.2	276.25	593.292
2006	4466.406	5978.06	7981.00062	84.636	538.3	337.02	643.63
2007	4605.752	6117.7	8386.14431	92.773	585.4	321.65	669.375
2008	4422.402	6198.6	8674.26849	96.045	614.8	291.64	696.062
2009	4495.742	6261.26	8388.65387	107.591	664.2	319.78	724.071
2010	4536.079	6364.58	8758.60182	121.045	746.7	371.54	729.37
2011	4880.777	6428.2258	9311.85516	145.091	914.1	416.17	779.332
2012	4620.42	6491.8716	9916.76598	134	860.3	338.47	505.804

