

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO, DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Yazmin Sánchez Roque¹, Yolanda Del Carmen Pérez Luna², Sergio Saldaña Trinidad³, Roberto Berrones Hernández⁴, Diego Alejandro Castillejos Yuca^{5*}.

^{1,4}Doctorado en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables.

²Doctorado en Ecología y Desarrollo Sustentable.

³Doctorado en Biotecnología de Plantas.

⁵Ingeniería Agroindustrial, Estudiante de Maestría en Energías Renovables, Universidad Politécnica de Chiapas, alejandrocastillejos12@gmail.com

^{1, 2, 3, 4} Docentes del Programa Académico de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Chiapas.

*Autor de correspondencia.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron las características fisicoquímicas de residuos orgánicos generados en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México. El objetivo fue caracterizar residuos frutihortícolas: cáscara de calabaza, cáscara de tamarindo, hojas de mazorca de maíz y residuos fecales ganaderos: estiércol de ganado bovino, ovino y aves de corral, para determinar su uso óptimo en la producción de biogás y metano. Los parámetros analizados fueron humedad, cenizas, pH, sólidos totales (ST), sólidos totales volátiles (STV), carbón (C) y nitrógeno (N), aplicando los métodos de las Normas Oficiales Mexicanas (NMX-AA-016 a la NMX-AA-025). Los resultados obtenidos del cálculo de STV, estimaron una producción teórica de 850 L de metano/kg de STV mediante el uso de cáscara de calabaza, siendo el mejor residuo para garantizar la producción de biogás. De este modo, con la caracterización fisicoquímica de los residuos se permite revalorizar el potencial de éstos para la producción de biogás.

Palabras clave: Biogás; digestión anaerobia; metano; residuos orgánicos.

Recibido: 12 de abril de 2023. Aceptado: 19 de Junio de 2023

Received: April 12, 2023. Accepted: June 19, 2023

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC WASTE FROM THE STATE OF CHIAPAS MEXICO DESTINED FOR BIOGAS PRODUCTION.

ABSTRACT

In this paper were studied the physicochemical characteristics of organic waste generated in the municipality of Suchiapa, Chiapas, México. The objective was to characterize fruit and vegetable residues: pumpkin peel, tamarind peel, corn cob leaves and livestock fecal residues: cattle, sheep and poultry manure, to determine their optimal use in biogas and methane production. The parameters analyzed were humidity, ashes, pH, total solids (ST), total volatile solids (STV), carbon (C) and nitrogen (N), applying the methods of the Official Mexican Standards (NMX-AA-016 to the NMX-AA-025). The results obtained from the calculation of STV, estimated a theoretical production of 850 L of methane/kg of STV through the use of pumpkin peel, being the best residue to guarantee biogas production. In this way, with the physicochemical characterization of the waste, it is possible to revalue their potential for the production of biogas.

Keywords: Biogas; anaerobic digestion; methane, organic waste.

Cómo citar este artículo: Y. Sánchez, Y. Pérez, S. Saldaña, R. Berrones, D. Castillejos. "Caracterización fisicoquímica de residuos orgánicos del estado de Chiapas, México, destinados a la producción de biogás", *Revista Politécnica*, vol. 19, no. 38 pp. 192-198, 2023. DOI:10.33571/rpolitec.v19n38a12

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en México ha aumentado la preocupación por la eliminación de residuos orgánicos; anualmente se generan cerca de 76 millones de toneladas de residuos frutihortícolas provenientes de actividades agroindustriales. La generación de estos residuos es considerada como uno de los problemas más importantes de impacto ambiental; sin embargo, existen diferentes mecanismos para su aprovechamiento, siendo uno de ellos la tecnología de la digestión anaerobia para evitar su mala gestión, acumulación y sobre todo evitar la contaminación ambiental [1].

Según estudios de la FAO, otro de los residuos orgánicos que tienen mayor efecto negativo en el medio ambiente es la producción masiva de residuos fecales ganaderos, ya que representa el 40% de las emisiones globales de amoníaco, principal causante de la lluvia ácida que perjudica la biodiversidad [2]. Lo anterior refleja una problemática que es prioritaria atender y ante esto surge la necesidad de estudiar los residuos orgánicos y revalorizar su uso óptimo para la producción de biogás como una fuente de energía más limpia [3].

Una alternativa es el proceso de digestión anaerobia, el cual consiste en un proceso que conlleva la degradación de residuos orgánicos en ausencia total de oxígeno. En este proceso se genera gas combustible, debido a la eliminación o depuración orgánica causada por múltiples microorganismos encargados de la descomposición de residuos orgánicos. De este modo, el proceso resultará ser óptimo debido a que la mezcla entre biomasa y población microbiana es considerada una fuente valiosa para la producción de biogás [4].

La producción de biogás ha despertado un gran interés por tratarse de una tecnología de fácil implementación; sin embargo, para el proceso de digestión anaerobia es necesario considerar las características fisicoquímicas de los residuos orgánicos, ya que deben favorecer el proceso microbiológico involucrado en la fermentación anaerobia para producir metano [5].

Visto de esta forma, este trabajo tiene como objetivo el estudio de las características fisicoquímicas de los residuos frutihortícolas como la cáscara de calabaza (*Cucurbita argyrosperma huber*), cáscara de tamarindo (*Tamarindus indica*), hojas de mazorca de maíz (*Zea mays*) y residuos fecales de bovinos, ovinos y aves de corral del municipio de Suchiapa, Chiapas, a fin de evaluar la producción teórica de metano. Además, se contempla con esta caracterización, establecer un proceso de digestión anaerobia estandarizado, que complemente y maximice un buen diseño de mezclas entre los residuos que serán empleados como sustrato-inóculo durante el proceso de obtención de biogás.

2. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Química de la Universidad Politécnica de Chiapas ubicado en el municipio de Suchiapa el cual se encuentra en la parte central del Estado de Chiapas, México. Para las pruebas realizadas en esta investigación se recolectaron tres muestras secas de cada uno de los siguientes residuos: cáscara de calabaza (*Cucurbita argyrosperma huber*), cáscara de tamarindo (*Tamarindus indica*), hojas de mazorca de maíz (*Zea mays*) y residuos fecales de bovinos, ovinos, y aves de corral, todos provenientes de huertas y establos agrícolas del municipio de Suchiapa, Chiapas.

Los residuos fueron evaluados bajo técnicas bromatológicas establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas del Decreto de Protección al Medio Ambiente (NMX-AA-16-1984, NMX-AA-18-1984, NMX-AA-25-1984, NMX-AA-034-SCFI-2015), dichas pruebas consistieron en determinar humedad, cenizas, pH, ST, STV, carbón orgánico (C), Nitrógeno total (N), el cálculo de la relación STV/ST y la relación C/N. Por cada residuo orgánico se tomaron 2 g de muestra seca, en vidrios de reloj para realizar los análisis correspondientes, mismos que se describen a continuación:

Humedad: Para este análisis se introdujeron las muestras en una estufa de secado con una temperatura constante de 120 °C. Luego de dos pesadas consecutivas, para calcular el porcentaje de humedad se aplicó la siguiente ecuación [6]:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{G - G_1}{G} * 100 \quad (1)$$

Donde:

G= Peso de la muestra humedad en g.

G₁= Peso de la muestra seca en g.

Cenizas: Este parámetro se obtuvo por diferencia, respecto al porcentaje de humedad. Se tomaron 2 g de los residuos a los que se les determinó la humedad y luego se calcularon los porcentajes de cenizas, usando la siguiente ecuación [7]:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} * 100 \quad (2)$$

Donde:

G₁= Peso del crisol vacío en g.

G₂= Peso del crisol más la muestra seca en g.

G₃= Peso del crisol más la muestra calcinada en g.

pH: Una vez determinado el porcentaje de humedad y cenizas, se evaluaron las concentraciones de pH en cada uno de los residuos, a diferencia del resto de las pruebas, para este proceso se usaron 10 g de muestra seca disueltos en 90 mL de agua destilada siguiendo las indicaciones de manejo y uso del potenciómetro [8].

Sólidos totales (ST): Se introdujeron las muestras en la estufa de secado similar al proceso realizado en la determinación de humedad, con un cambio de temperatura a 105 °C durante 20 minutos hasta conseguir dos pesadas consecutivas a peso constante. Para calcular el porcentaje de ST se aplicó la siguiente ecuación [9]:

$$ST = \frac{M_3 - M_1}{V} * 100 \quad (3)$$

Donde:

M₁= Peso del crisol sin la muestra a peso constante en g.

M₃= Peso del crisol más la muestra seca en g.

V= Volumen de la muestra en mL.

Sólidos Totales Volátiles (STV): Se determinaron por diferencia, respecto al porcentaje determinado de ST, usando la siguiente ecuación [9]:

$$STV = \frac{M_3 - M_4}{V} * 100 \quad (4)$$

Donde:

M₃= Peso del crisol más la muestra seca en g.

M₄= Peso del crisol más la muestra calcinada en g.

V= Volumen de la muestra en mL.

Relación STV/ST: Este parámetro fisicoquímico se calculó a partir de los porcentajes obtenidos en la determinación de ST y STV, aplicando la siguiente ecuación [10]:

$$\% \text{ de la relación } STV/ST = \frac{STV}{ST} * 100 \quad (5)$$

Donde:

STV= Sólidos totales volátiles en g.

ST= Sólidos totales en g.

Carbón orgánico (C): Se determinó mediante el uso del analizador elemental orgánico Thermo Scientific Flash 2000 C-N Soils Analyzer para cada uno de los residuos orgánicos [11]:

Nitrógeno total (N): De igual manera, este parámetro se determinó mediante el uso del analizador elemental orgánico Thermo Scientific Flash 2000 C-N Soils Analyzer [11]:

Relación C/N: Aplicando la ecuación 6 se calculó el porcentaje de carbón orgánico a partir de los porcentajes de materia orgánica, después se procedió a calcular la relación C/N, aplicando la ecuación 7 [3, 12]:

$$\% \text{ de materia orgánica} = C * 1.724 \quad (6)$$

Donde:

1.724= Factor de Van Benmelen.

C= % de carbón orgánico.

$$\text{Relación C/N} = \frac{\% \text{ de materia orgánica} * 0.58}{N} \quad (7)$$

Donde:

0.58= Constante de Jackson.

N= % de nitrógeno total.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinaron las características fisicoquímicas de los diferentes residuos orgánicos, los resultados se muestran en las siguientes tablas (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Valores de pH, ST, STV y relación STV/ST de los residuos orgánicos.

Materia orgánica	pH	ST (g/mL)	STV (g/mL)	STV/ST (%)
Cáscara de calabaza	9.31±0.09*	51.88±4.79	30.96±3.58	0.60
Cáscara de tamarindo	3.57±0.01	28.06±1.59	25.74±0.91	0.92
Hojas de mazorca de maíz	5.77±0.08	6.67±0.47	7.28±0.60	0.95
Estiércol de ganado bovino	9.08±0.04	22.41±1.97	13.75±0.78	0.61
Estiércol de ganado ovino	8.67±0.02	24.50±4.32	16.77±2.72	0.68
Estiércol de aves de corral	7.62±0.05	49.83±4.60	27.19±3.77	0.55

*Los valores representan el promedio de tres réplicas y su desviación estándar.

Con el análisis fisicoquímico realizado, se obtuvo que la mayoría de los residuos orgánicos presentan pH alcalino (>8), entre ellos: la cáscara de calabaza, el estiércol de ganado bovino y ganado ovino (Tabla 1), de acuerdo a lo reportado por la FAO en el manual del biogás [13], los rangos de pH obtenidos se encuentran fuera del rango óptimo para producir biogás, debido a que los diferentes grupos de microorganismos presentes en el proceso de digestión anaerobia se desarrollan mejor en un rango de pH entre 6.4 y 7.8; sin embargo, se ha demostrado que el pH neutro es el ideal para producir gas metano. En ese sentido, para lograr un nivel de pH adecuado y llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia con estos residuos, no será necesario incluir agentes químicos acidificantes o estabilizadores de pH, debido a la presencia de dos residuos orgánicos con pH ácido (cáscara de tamarindo y hojas de mazorca de maíz) permitirán estabilizar el proceso de digestión anaerobia [14].

Por otro lado, los resultados obtenidos en la relación STV/ST de los residuos frutihortícolas, se encuentran por encima del 60%, que de acuerdo a los resultados reportados por Torres [10], los valores indican que

existe gran cantidad de materia orgánica que puede ser degradada por la biomasa microbiana presente en los residuos fecales ganaderos.

Tabla 2. Porcentajes de humedad, cenizas, carbón orgánico, nitrógeno total y relación C/N de los residuos orgánicos.

Materia orgánica	Humedad (%)	Cenizas (%)	Carbón orgánico (%)	Nitrógeno total (%)	C/N
Cáscara de calabaza	10.67±4.04*	16.66±1.67	38.48±0.38	2.25±0.05	17.06
Cáscara de tamarindo	12.13±2.83	4.41±0.13	41.11±0.03	1.88±0.02	21.87
Hojas de mazorca de maíz	13.18±4.73	2.26±0.18	41.87±0.11	1.72±0.16	24.34
Estiércol de ganado bovino	5.99±0.12	45.86±8.53	31.08±0.03	2.45±0.20	14.32
Estiércol de ganado ovino	7.41±0.17	17.47±0.39	31.68±0.02	2.45±0.13	12.93
Estiércol de aves de corral	26.21±0.56	39.62±10.55	23.01±0.02	1.98±0.05	11.62

*Los valores representan el promedio de tres réplicas y su desviación estándar

Con los resultados presentados (Tabla 2), se estima que los porcentajes de humedad obtenidos en los residuos no favorecerán la etapa inicial del proceso de digestión anaerobia (hidrólisis) de acuerdo a González [15] quien reporta un requerimiento del 50 al 70% de humedad en los residuos para llevar a cabo la degradación biológica de la materia orgánica en óptimas condiciones, considerando que Parra [14] mencionó que la hidrólisis es la etapa principal, ya que a mayor humedad la materia orgánica se vuelve de fácil degradación para la población microbiana. Sin embargo, los porcentajes obtenidos de humedad no son del todo un problema para la producción de biogás con base a lo reportado en el manual de la FAO [13], la movilidad y el desarrollo microbiano no se podrá ver afectado siempre y cuando se incorpore un volumen de agua que mantenga el control sobre las altas concentraciones de materia orgánica, mismas que pudieran inhibir el desarrollo de la población microbiana estimada con valores de 55, 61 y 68% (Tabla 1).

Adicionalmente, con la determinación de la relación C/N de los residuos caracterizados (Tabla 2), el manual de la FAO reporta que la relación óptima para que se lleve a cabo la producción de metano no debe estar en un rango superior a 35:1, debido a que este tipo de concentraciones podría alentar el proceso de digestión anaerobia, ya que las bacterias consumen como fuente de energía 30 veces más carbón orgánico que nitrógeno, pues este último únicamente lo utilizan para formar nuevas células [13]. De igual forma, el proceso debe iniciarse con concentraciones menores a 8:1 para evitar inhibir el crecimiento de la población microbiana, siendo el rango óptimo de la relación C/N 20:1 a 30:1 [13]. En el presente trabajo la relación C/N del residuo cáscara de tamarindo presenta una relación de 21.87 (20:1) y las hojas de mazorca de maíz un 24.34 (24:1), indicando que estos dos residuos están dentro del rango óptimo de la relación C/N para iniciar el proceso de digestión anaerobia; de este modo, al emplear estos dos residuos se puede estimar de manera teórica la producción de biogás (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Litros de metano producidos en función de los kilogramos de STV.

Materia orgánica	Metano L/kg STV
Residuos sólidos municipales	360
Residuos frutihortícolas	850
Purines de cerdo	337
Paja de arroz	350
Ensilado de maíz	412
Restos de comida	396

Fuente. FAO (2019).

Tabla 4. Litros de biogás producidos en función de diferentes tipos de estiércol.

Estiércol	kg húmedo/día	Relación C/N	Biogás L/kg húmedo
Bovino (500 kg)	10.00	25	40
Porcino (50 kg)	2.25	13	60

Aves (2 kg)	0.18	19	80
Ovino (32 kg)	1.50	35	50
Equino (450 kg)	10.00	50	40

Fuente. Varnero (2011)

Con base a la producción reportada por la FAO y Varnero [16, 17], por cada kilogramo de STV presentes en los residuos frutihortícolas se espera una producción teórica aproximadamente de 850 L de metano al usar residuos frutihortícolas (Tabla 3). Finalmente, los residuos fecales ganaderos de bovinos, ovinos y aves de corral teóricamente se estima una producción de biogás de 40, 50 y 80L, respectivamente (Tabla 4).

4. CONCLUSIONES

A partir del análisis fisicoquímico realizado se comprobó que entre los residuos frutihortícolas: cáscara de calabaza, cáscara de tamarindo y hojas de mazorca de maíz con base al porcentaje de ST (51.88, 28.06 y 6.67%, respectivamente), el residuo más adecuado para garantizar la digestión anaerobia es la cáscara de calabaza. Experimentalmente, el manual del biogás de la FAO ha demostrado que el valor obtenido del análisis de este residuo, se encuentra entre el rango óptimo de 40-60% de ST para asegurar un buen rendimiento en la producción de gas metano [13]. Otro de los parámetros, que garantizan teóricamente mayor producción de biogás con el uso de la cáscara de calabaza son los resultados obtenidos en el análisis de STV, con estos porcentajes podemos estimar una producción teórica de gas metano de hasta 850 L por cada kg de STV de este residuo; de acuerdo a lo reportado por la Guía teórico-práctica del biogás y los biodigestores este parámetro asemeja la realidad de la volatilización de materia orgánica para producir gas metano en la experimentación real [16].

Por otro lado, los análisis realizados a los residuos fecales ganaderos demuestran que poseen bajas concentraciones de humedad; sin embargo, no es una limitante para producir biogás. De acuerdo a lo reportado por González, es permisible para el experimentador incorporar entre un 50 hasta un 70% de agua, a fin de promover la actividad metabólica de la carga microbiana propia de los residuos. Con base a lo anterior, un alto nivel de humedad favorece la hidrólisis de los residuos frutihortícolas para su degradación [15].

En conclusión, los resultados obtenidos demuestran teóricamente que el mejor residuo para producir biogás es la cáscara de calabaza; por lo tanto, se recomienda incluir siempre la presencia de este residuo al formular un diseño experimental entre el resto de los residuos analizados; de esta manera, se garantizará que el proceso para la producción de biogás sea el ideal, mantenga el control y estabilización de cada fase del proceso de digestión anaerobia.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los productores que colaboraron con la aportación de los residuos orgánicos para la realización del presente trabajo de investigación; así como la Universidad Politécnica de Chiapas (UP Chiapas). También agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por financiar este trabajo y a la Universidad Mariana de Pasto, Colombia por permitirnos realizar la publicación del hallazgo de este trabajo de investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Suhartini, S., Nurika, I., Paul, R., & Melville, L. (2021). Estimation of biogas production and the emission savings from anaerobic digestion of fruit-based agro-industrial waste and agricultural crops residues. *Bio-Energy Research*, 14(3), 844-859. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10209-5>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm>
- [3] Mojica C., Vidal E., Rueda B. y Acosta D. (2016). Estudio de las características físico-químicas de residuos orgánicos para su uso potencial en la producción de biogás. *Revista de Energía Química y Física*, 3(6). 15-22.

-
- [4] Flotats X., Campos E., Palatsi J. y Bonmatí A. (2001). Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con residuos de la industria alimentaria. *Monografías de Actualidad*, 65, 51-65.
- [5] Instituto de Ingeniería Rural. (2021). Manual para la producción de biogás. <https://docer.com.ar/doc/nvnee0s>
- [6] Secretaría de Comercio. (22 de mayo de 2023). Protección al medio ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de humedad. NMX-AA-16-1984. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa016.pdf>
Comercio
- [7] Secretaría de. (22 de mayo de 2023). Protección al medio ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de cenizas. NMX-AA-18-1984. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa018.pdf>
- [8] Secretaría de Comercio. (22 de mayo de 2023). Protección al medio ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación del pH – Método Potenciométrico. NMX-AA-25-1984. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa025.pdf>
- [9] Secretaría de Economía. (22 de mayo de 2023). Análisis de agua – Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba. NMX-AA-034-SCFI-2015. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
- [10] Torres Arellano S. (2017). Producción de metano mediante co-digestión anaerobia de excreta de cerdo (*Sus scrofa domestica*), pulpa de café (*Coffea ArabicaL.*) Mango ataulfo (*Mangifera indica L.*), usando lodo de aguas residuales. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Chiapas]. Repositorio Institucional – Universidad Politécnica de Chiapas.
- [11] Thermo Fisher Scientific. (9 de marzo de 2023). Organic elemental analyzers. Thermo scientific flash 2000 C-N Soils Analyzer. <https://www.thermofisher.com/mx/es/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/trace-elemental-analysis/organic-elemental-analysis-oea.html>
- [12] Secretaría de Comercio. (22 de mayo de 2023). Protección al medio ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de la relación carbono/nitrógeno. NMX-AA-67-1985. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa016.pdf>
- [13] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Gobierno de Chile Ministro de Energía, Global Environment Facility. (2011). Manual de Biogás. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- [14] Parra Orobio B. A., Torres Lozada P., Marmolejo Robellón L. F., Cárdenas Cleves L. M., Vásquez Franco C., Torres López W. A. y Ordoñez Andrade J. A. (2014). Influencia del pH sobre la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal. *Revista U. D. C. A Actualidad y Divulgación Científica*, 17(2), 553-562. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n2.2014.421>
- [15] González G., Rustrián E., Houbron E. y Zamora A. (2008). Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4(3), 336-341.
- [16] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. <http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf>
- [17] Varnero M. T. y Arellano J. (2011). Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145136/FIA-PI-C-1985-1-A-029_IT.pdf?sequence=1&isAllowed=y