

PP-PCY-422.62  
1501-52642

PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA  
ICAITI-ROCAP 596-0089 D-105 -1984



PN-AA4-428

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA  
INDUSTRIAL - I C A I T I -

I N F O R M E T E C N I C O D E  
B I O G A S

PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA  
ICAITI - ROCAP 596-0089 D - 105 1984

## I N D I C E

INTRODUCCION	
EL DIGESTOR	2
CARACTERISTICAS DEL DIGESTOR	2
CARACTERISTICAS OPERATIVAS QUE SE ESTUDIARON	4
EQUIPO USADO PARA LAS MEDICIONES DE CONTROL	4
CRONOLOGIA DE OPERACION DEL DIGESTOR	5
RESULTADOS Y DISCUSION	7
1. Ensayos con sustrato de estiércol bovino	7
2. Ensayos con sustrato mixto bovino- porcino	8
3. Ensayos con sustrato mixto animal- vegetal	9
4. Ensayos sustrato mixto de estiércol bovino y gallinaza	10
5. Ensayos con sustrato de gallinaza pura	12
6. Ensayos sustrato mixto gallinaza- estiércol porcino	12
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
CUADROS	16
GRAFICAS	25



## INTRODUCCION

Para averiguar cuáles desechos orgánicos son más adecuados para la producción de biogás mediante la fermentación anaeróbica, el ICAITI, con patrocinio de ROCAP, construyó un digestor de bajo costo, de 3.0 metros cúbicos de capacidad. Este digestor se empleó como planta piloto para: a) estudiar el proceso de fermentación, y b) establecer las características de operación de digestores del mismo tipo, destinados al uso doméstico.

Los ensayos realizados duraron casi dos años, y en ellos se probaron diferentes desechos, principalmente de origen animal, tanto solos como mezclados; se ensayaron diferentes tiempos de retención y también diversas temperaturas; con esto se buscaba establecer con cuáles combinaciones de estos diferentes factores se lograba la mayor productividad de biogás.

Este informe contiene la descripción y los resultados de los ensayos que se llevaron a cabo en la planta piloto, y la cual fue construida en terrenos de la Finca Bárcenas, jurisdicción de Villanueva, Departamento de Guatemala, Guatemala.

## EL DIGESTOR

El digestor usado en los ensayos tiene una capacidad nominal de tres metros cúbicos. Los detalles constructivos de este digestor y de las versiones de mayor volumen, se consignan en el folleto D 101 publicado por el ICAITI (Manual de Construcción y Operación Planta Económica de Biogás).

La construcción del digestor se terminó el día 6 de Abril de 1981, y dos días después se cargó el primer tipo de mezcla: estiércol bovino diluido con agua en proporción volumétrica uno a uno.

## CARACTERISTICAS DEL DIGESTOR

### \*\*\* Generalidades \*\*\*

Modelo:	Doméstico de bajo costo.
Volumen nominal:	Tres metros cúbicos.
Máximo tamaño recomendable para este modelo:	Diez metros cúbicos.

### \*\*\* Diseño de operación \*\*\*

Régimen de carga:	Semi-continuo.
Flujo/carga/descarga:	Desplazamiento hta1. o pistón (plugflow).
Intervalo temperatura:	Mesofílico (23°-30° C).
Período de retención:	30/45 días.
Velocidad de carga:	2 kg ST/m <sup>3</sup> digestor/día (retención 45 días).

**\*\*\* Diseño de construcción \*\*\***

Tipo de materiales:	Paredes de suelo-cemento. Piso y cubierta de concreto pobre con refuerzo de malla.
Aislamiento:	Se construye enterrado para aprovechar el suelo como aislante.
Calentamiento:	Opcional, con invernadero de tela de plástico.
Mezclado del contenido:	No se incluye dispositivo para ese fin.
Almacenamiento biogás:	Externo, en bolsa de tela ahulada, de 1.0 metros cúbicos de capacidad.
Usos del biogás:	Cocina y alumbrado.

## CARACTERISTICAS OPERATIVAS QUE SE ESTUDIARON

Conforme a un programa, se probaron diferentes tipos de sustratos, se aplicaron periodos de retención de dos distintas duraciones, y se variaron las condiciones de temperatura. Se llevó control permanente de las siguientes características operativas: producción de biogás, productividad del digestor, calidad del biogás, pH, sólidos totales, sólidos volátiles, nitrógeno, relación carbono-nitrógeno.

## EQUIPO USADO PARA LAS MEDICIONES DE CONTROL

- 1) Para medir el pH se usó un medidor portátil COLE PARMER CHEM CADET, con electrodo de combinación con protector, Catálogo S 983.
- 2) Para medir la producción de biogás y la productividad del digestor, se usó un medidor de gas tipo WET TEST, Precision Scientific, Catálogo 11-166-4, de Fischer Scientific.
- 3) Para medir las temperaturas del suelo, del contenido del digestor y del medio, se usó un termógrafo de tres puntos, operado con baterías, modelo T-603-E-IC Weather Measure.
- 4) Para determinar la calidad del gas, es decir, su contenido de metano, se usó un analizador portátil de gases tipo ORSAT, BURREL JUNIOR CABINET modelo 611.
- 5) Para la determinación de sólidos totales, sólidos volátiles y nitrógeno, se trabajó en las instalaciones del ICAITI, y se aplicaron métodos normalizados de análisis, por vía húmeda y por vía seca.

## CRONOLOGIA DE OPERACION DEL DIGESTOR

Abril de 1981. El día 8 de este mes se cargó por primera vez con una mezcla de estiércol bovino y agua, dilución uno a uno en volumen. Dos meses más tarde se descubrieron fugas de gas a través de grietas en la cubierta; luego de que estas grietas fueran selladas, se iniciaron las operaciones de control de las características operativas.

Julio de 1981. A principios de este mes, se depositó material de origen vegetal sobre la cubierta del digestor, para formar un "compost" que produjera calor aprovechable.

La temperatura media dentro del digestor, que era de 23°C antes de hacer esa operación, llegó a 25°C cuando ya se había colocado el "compost".

Debido a que se consideró que la temperatura interior del digestor no era suficientemente elevada, se cambió el período de retención de 30 días, a un período de 45 días de ahí en adelante.

Noviembre de 1981. A mediados de este mes se cambió el sustrato. Se sustituyó el estiércol de res por una mezcla de partes iguales de estiércol de res y estiércol de cerdo, conservando la misma dilución volumétrica con agua, en proporción uno a uno.

Enero de 1982. Se cambió de nuevo el sustrato. La mezcla se preparó con una parte de estiércol combinado y una de agua. La combinación de estiércol que se usó a partir de esta fecha fue de tres partes de estiércol bovino y una parte de estiércol de cerdo.

Se conservó el mismo período de retención de 45 días.

Mayo de 1982. A mediados de este mes, se cambió de nuevo la formulación del sustrato, y se comenzó a cargar el digestor con una mezcla de cuatro partes de estiércol de res y una parte de grama napier pi cada, mezcla diluida con agua en proporción uno a uno, en volumen.

Junio de 1982. A finales de este mes se hizo otro cambio en el sustrato. Esta vez se dosificó gallinaza con estiércol de res en una proporción de uno a cuatro en volumen. Se conservó la misma dilución con agua y el mismo período de retención.

Septiembre de 1982. Se cambió la formulación de la mezcla a tres partes de estiércol de res y dos partes de gallinaza. Se conservó la misma dilución con agua, y el mismo tiempo de retención de 45 días.

Diciembre de 1982. Se instaló un invernadero sobre el digestor, para aumentar su temperatura interna, y con ello, tratar de aumentar la productividad. Se cambió el período de retención a 30 días, tomando en cuenta que la temperatura se elevó hasta 30°C a causa de la colocación del invernadero y, porque, además, resultó necesario cambiar la dilución con agua que se venía usando, a causa del alto contenido de sólidos del sustrato. A partir de ese mes la mezcla se formuló con 30 litros de estiércol combinado y 60 litros de agua, es decir, en dilución volumétrica de uno a dos.

Enero de 1983. Se cambió el sustrato a cien por ciento de gallinaza, diluida con agua en proporción uno a dos, y conservando el mismo tiempo de retención de 30 días.

Mayo de 1983. A principio de este mes, se cambió el sustrato a un nuevo tipo de combinación de estiércol: una parte de gallinaza y una parte de estiércol de cerdo, dilución con agua en proporción uno a uno, período de retención de 30 días. La carga diaria se hacía con 45 litros de estiércol combinado y 45 litros de agua.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Ensayos con sustrato de estiércol bovino

La carga inicial del digestor se realizó con estiércol bovino diluido uno a uno con agua.

Las características del estiércol usado en la carga inicial del digestor, sin diluir, eran:

Sólidos totales: 19.07 %

Sólidos volátiles: 15.76 %

pH = 6.6

La mezcla hecha de estiércol y agua en proporción volumétrica uno a uno, en el estado en que se ingresaba directamente al digestor, tenía estas características:

Sólidos totales: 10.33 %

Sólidos volátiles: 7.85 %

pH = 7.1

El volumen de mezcla que se cargaba diariamente era de 60 litros (30 litros de estiércol y 30 litros de agua). La carga se efectuaba siempre a las 14:00 horas, con el fin de que la mezcla se calentara un poco con el calor del sol.

Al principio se usó un período de retención de 30 días, con una temperatura de 22°C en el interior del digestor. Tomando en cuenta que la temperatura de 22°C era muy baja para un período de retención de 30 días, se cambió éste a 45 días. Posteriormente, la temperatura se logró elevar a 25°C mediante la colocación de material vegetal ("compost") sobre la cubierta del digestor protegida por una tela de plástico transparente.

La degradación del material orgánico mejoró notablemente con la elevación de la temperatura y el aumento del tiempo de retención, tal como puede deducirse del cambio ocurrido en el porcentaje de sólidos volátiles del efluente. Asimismo, la elevación de la temperatura de operación mejoró la productividad, ya que del valor inicial de 0.16, pasó a 0.36 volúmenes de biogás/volumen de digestor-día. Véanse la tabla 1.0 y la gráfica 1.0.

La gráfica 4.0 muestra el comportamiento del pH, el cual, al inicio de las pruebas tuvo un valor de 6.8, que ascendió hasta un máximo de 7.2 y luego descendió hasta estabilizarse en 7.0 hacia finales de Octubre (1981).

## 2. Ensayos con sustrato mixto bovino-porcino

El sustrato que se usó en la segunda fase era mixto: una combinación de partes iguales de estiércol bovino y de estiércol porcino. La dilución con agua se conservó en su valor anterior de uno a uno.

La combinación de estiércoles fue analizada, y se encontró que contenía un 10% de sólidos totales y un 74.1% de sólidos volátiles. Se conservó el mismo período de retención anterior (45 días).

Al hacer el cambio de sustrato, la productividad descendió hasta 0.23, a causa, posiblemente, de que la población bacteriana hubo de adaptarse al nuevo medio, y a que se produjeron filtraciones de agua de lluvia a través de la cubierta, lo que provocó un descenso de temperatura dentro del digestor.

Luego de dos meses de conservar las condiciones descritas, se cambió la fórmula de la mezcla de estiércoles a una parte de estiércol porcino y tres partes de estiércol bovino, y se conservó la misma dilución con agua.

En las nuevas condiciones, no se registró un cambio significativo en el pH, pero sí se observó un aumento en la productividad, tal como indican las tablas 2.0 y 3.0.

Un aspecto interesante de las pruebas con la mezcla de estiércol bovino-porcino, es que el contenido de nitrógeno del efluente resultó superior al obtenido con estiércol bovino solo. Ver la gráfica 2.0.

### 3. Ensayos con sustrato mixto animal-vegetal

Luego de tres meses de ensayos con combinación de estiércoles bovino y porcino, se realizaron, durante aproximadamente dos meses y medio, pruebas con un nuevo tipo de sustrato.

Se alimentó el digestor con una mezcla de 80 % de estiércol bovino combinado con un 20 % de grama napier picada, para obtener información sobre los resultados de usar materiales animales y vegetales en combinación.

Se conservó la misma dilución con agua en proporción uno a uno, y también se conservó el período de retención de 45 días.

El material diluido que se cargaba al digestor según los análisis, tenía un contenido de 9.78 % de sólidos totales, y un 80.07 % de sólidos volátiles, antes de sufrir degradación.

Por la poca duración de estos ensayos con sustrato combinado animal-vegetal, no se obtuvieron resultados concluyentes, ya que los análisis fueron escasos.

#### 4. Ensayos con sustrato mixto de estiércol bovino y gallinaza

Se cambió el sustrato a una combinación de 80% de gallinaza y 20% de estiércol bovino, para estudiar el resultado de usar un sustrato con altos contenidos de nitrógeno y de sólidos. Estas condiciones se conservaron durante unos tres meses.

Las características del sustrato usado, al ser cargado al digestor, eran las siguientes:

Sólidos totales:	6.07 %
Sólidos volátiles:	75.78 %
Nitrógeno:	1.93 gm/100 gm

Después de que hubo transcurrido un período de retención completo, se halló que el pH se elevó gradualmente hasta 7.2, y luego acusó una tendencia a estabilizarse en 7.0, tal como se indica en la tabla 5.0 y en la gráfica 4.0. Estas condiciones se explican por el alto contenido de nitrógeno amoniacal, con características alcalinas, propio del sustrato usado. El contenido de nitrógeno del efluente aumentó gradualmente.

La productividad llegó a un valor tan bajo como 0.23, lo cual puede atribuirse a que las bacterias necesitan adaptarse al nuevo medio, en particular al alto contenido de nitrógeno del sustrato.

Aproximadamente al mes y medio de haber iniciado los ensayos con sustrato gallinaza-estiércol bovino 80/20, se colocó un invernadero sobre la cubierta del digestor, con el fin de elevar la temperatura del interior del mismo. Pocos días después se produjo una progresiva elevación de temperatura, hasta que, un mes después, en el interior del digestor el termómetro registró 28°C. (Ver tabla 5.0 y gráfica 1.0).

Cuando se estabilizaron las condiciones del digestor luego de la instalación del invernadero, se procedió a cambiar la formulación del sustrato. Se usó una combinación de 40% de gallinaza con un 60% de

estiércol bovino (en volumen), con dilución uno a uno. Esta combinación tenía las siguientes características, al momento de ser cargada:

Sólidos totales:	13.47 %
Sólidos volátiles:	67.85 %
Nitrógeno:	2.43 gm/100 gm

Dos meses después, debido a que el contenido de sólidos totales resultaba muy alto con la formulación anterior, se procedió a cambiar la dilución de la mezcla (que todavía se conservaba uno a uno, en volumen), y se adoptó una nueva dilución de una parte de desechos en dos partes de agua. Se cambió el período de retención a 30 días, ya que la temperatura interior del digestor lo permitía.

Con esta dilución, al momento de ser depositada en el digestor, tenía las siguientes características:

Sólidos totales:	8.57 %
Sólidos volátiles:	68.1 %
Nitrógeno:	2.45 gm/100 gm

A medida que transcurría el tiempo y avanzaba el ensayo en las condiciones descritas, se observó un aumento en la productividad del digestor (ver tabla 6.0 y gráfica 1.0), a pesar de que el viento rasgó el invernadero y la cubierta del digestor estuvo expuesta a ráfagas de aire frío.

Luego de que el invernadero fue reparado, la temperatura interna del digestor se elevó a 28-29°C. Se observó un aumento de la productividad, el cual puede atribuirse a las condiciones de temperatura y a que, ya para entonces, las bacterias se habían "acomodado" a su nuevo habitat. (Tabla 7.0).

### 5. Ensayos con sustrato de gallinaza pura.

Al terminar las pruebas anteriores, se procedió a cargar en el digestor una mezcla de gallinaza pura diluida con agua en proporción uno a dos, con estas características:

Sólidos totales:	6.36 %
Sólidos volátiles:	73.4 %
Nitrógeno:	1.08 gm/100 gm

pH = 6.3

Conservando el mismo tiempo de retención ( 30 días ) y con la temperatura estabilizada en 28-29°C, a los dos meses de iniciadas estas pruebas se obtuvo una productividad de 0.50, la cual, tres meses más tarde había ascendido a 0.56. Véase la tabla 7.0 y la gráfica 1.0.

A los tres meses y medio del inicio de las pruebas con gallinaza pura, el contenido de nitrógeno alcanzó un valor máximo de 3.25 gm/100 gm. Ver gráfica 3.0.

### 6. Ensayos con sustrato mixto gallinaza-estiércol porcino.

Concluidas las pruebas anteriores, se inició un ensayo con una combinación de partes iguales de gallinaza y estiércol porcino, con dilución uno a uno en agua y con tiempo de retención de 30 días.

El material cargado al digestor, tenía las siguientes características:

Sólidos totales:	8.00 %
Sólidos volátiles	70.12 %
Nitrógeno:	2.68 gm/100 gm

En las gráficas 1.0 y 2.0 puede advertirse que tanto la productividad como la calidad del biogás mejoraron notablemente a las pocas semanas de haberse iniciado el ensayo. La productividad, cuyo valor había estado cercano a 0.50, se elevó hasta 0.56; el porcentaje de metano en el biogás llegó hasta un 66. (Ver tabla 8.0).

Los resultados descritos demuestran que la mezcla de los dos desechos animales de este tipo tiene una productividad más alta que otros sustratos, y que la calidad del gas también es superior, siempre que la temperatura dentro del digestor sea la óptima.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos en los ensayos, se puede concluir que un sustrato formulado como mezcla de estiércoles animales, puede dar altas producciones de biogás, si las otras condiciones de operación del digestor están en su valor óptimo.
2. Con sustrato mixto gallinaza-estiércol porcino se obtuvo la más alta productividad de biogás, mientras se conservó la temperatura dentro del intervalo de 28 a 30°C.
3. Es posible operar un digestor con gallinaza pura. Pero para eso es necesario que no se cargue desde el inicio directamente con ella, si no que se comience con una combinación de gallinaza y otro desecho animal, y en las sucesivas posteriores cargas se vaya aumentando la proporción de gallinaza, hasta que ésta sea del 100 por ciento. El propósito de esta operación progresiva, es "acostumbrar" a las bacterias, en forma paulatina, al tipo de sustrato.
4. No se obtuvieron conclusiones definitivas acerca del uso de sustrato mixto animal-vegetal, porque el período de ensayos fue muy corto para este tipo de sustrato.
5. Mediante el empleo de sustrato mixto de estiércoles bovino y porcino, se obtuvo biogás con alto contenido de metano, lo cual puede atribuirse a que el estiércol porcino contiene una flora bacteriana muy abundante.

6. Con los desechos que tienen alto contenido de sólidos, tal como la gallinaza, la dilución con agua debe ser de una a dos, o bien de una a tres, para adecuar el contenido de sólidos totales al proceso fermentativo, y para evitar la formación de masas sólidas que puedan impedir el flujo de la mezcla dentro del digestor.
7. La elevación de la temperatura interior de un digestor, aun sólo de dos grados centígrados, puede causar una duplicación de la productividad, si las restantes características de operación están correctas.
8. Cuando la temperatura dentro del digestor es un poco elevada, (28 a 30°C), se pueden aplicar tiempos de retención cortos (15 a 20 días); cuando la temperatura es baja, deben emplearse períodos de retención largos, puesto que el proceso de degradación de la materia orgánica realizado por las bacterias, es en esas condiciones, más lento.
9. Para evitar descensos bruscos en el pH dentro del digestor cuando se cambie de tipo o formulación de sustrato, es necesario que este cambio se haga en forma gradual, a fin de que las bacterias se adapten paulatinamente a las condiciones del nuevo medio.
10. Cuando ocurran descensos del valor del pH, deben corregirse de inmediato mediante la adición de una sustancia alcalina, tal como la cal; otra medida que puede adoptarse en un caso así es la suspensión de la carga durante varios días, hasta que el pH suba de nuevo a su valor normal (entre 6.5 y 7.5).

CUADROS

ESTIERCOL BOVINO

SUSTRATO "A"

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás / Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	E F L U E N T E			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
3 de junio de 1981	30 días	22	0.166	52.5	6.8	8.5	79.5	---
2 de julio de 1981	30 días	22	0.23	66.2	6.8	7.9	75.7	1.92
11 de agosto de 1981	45 días	24	0.33	62.0	7.2	6.4	70.5	1.97
10 de septiembre de 1981	45 días	25	0.36	62.0	7.1	6.02	67.7	2.07
25 de octubre de 1981	45 días	23	0.36	63.4	7.0	5.96	69.6	2.24
17 de noviembre de 1981 <sup>(1)</sup>	45 días	23	0.23	----	7.1	6.14	69.4	2.19
9 de diciembre de 1981	45 días	23	0.23	----	7.1	6.3	67.6	----

(1) Cambio a sustrato B

ST = Sólidos totales

SV = Sólidos volátiles

TABLA 1

SUSTRATO "B"

ESTIERCOL DE VINO Y ESTIERCOL PORCINO 1:1

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás / Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
3 de enero de 1982	45 días	22	0.26	55.8	7.1	6.79	69.6	2.35
15 de enero de 1982 (1)	45 días	22	0.28	----	---	----	----	----
2 de febrero de 1982	45 días	22	0.30	56.5	7.0	6.98	69.34	2.43
22 de febrero de 1982	45 días	22	0.33	56.0	7.0	6.96	69.8	2.58

18

(1) Cambio a sustrato C

TABLA 2

SUSTRATO "C"

ESTIERCOL BOVINO Y ESTIERCOL PORCINO 3:1

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás / Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
12 de marzo de 1982	45 días	23	0.33	----	---	---	----	----
23 de abril de 1982	45 días	23	0.33	62.0	7.4	7.71	73.5	2.36
3 de mayo de 1982 (1)	45 días	23	0.33	----	---	----	----	----
7 de junio de 1982	45 días	24	0.33	56.0	6.8	6.68	71.4	----
24 de junio de 1982 (2)	45 días	24	0.33	----	6.8	6.03	72.63	1.68

(1) Cambio a sustrato D

(2) Cambio a sustrato E

TABLA 3

ESTIERCOL BOVINO - GRAMA NAPIER 4:1

SUSTRATO "D"

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás / Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
12 de julio de 1982	45 días	24	0.20	59.0	---	5.67	70.19	2.24
6 de agosto de 1982	45 días	26	0.20	----	7.6	5.65	71.3	2.25

20

TABLA 4

ESTIERCOL BOVINO - GALLINAZA 4:1

SUSTRATO "E"

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás/Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
5 de septiembre de 1982	45 días	28	0.23	58.0	7.0	5.89	68.4	2.11
(1) 20 de septiembre de 1982	45 días	28	0.23	----	7.0	5.73	68.06	2.11
10 de octubre de 1982	45 días	28	0.30	59.5	7.0	5.76	68.80	2.21

(1) Cambio a sustrato F

TABLA 5

ESTIERCOL BOVINO - GALLINAZA 3:2

SUSTRATO "F"

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás / Vol Digestor - día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
9 de noviembre de 1982	30 días	25	0.32	----	6.9	6.40	68.84	2.46
9 de diciembre de 1982 <sup>(1)</sup>	30 días	26	0.32	58.0	7.1	6.17	65.96	2.09
4 de enero de 1983	30 días	26	0.316	----	---	----	-----	----
28 de enero de 1983	30 días	26	0.40	57.0	7.1	9.42	59.0	2.41

(1) Cambio a sustrato G

TABLA 6

SUSTRATO "G"

GALLINAZA 100%

FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás/Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	EFLUENTE			
	Período Retención	t°C			ph	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
28 de febrero de 1983	30 días	27	0.50	63.0	7.0	5.5	62.3	3.1
15 de abril de 1983 (1)	30 días	28	0.50	60.0	7.0	9.85	60.4	3.25
30 de mayo de 1983	30 días	28	0.56	65.0	8.2	5.64	59.9	2.73

(1) Cambio a sustrato H

TABLA 7

23

SUSTRATO "H"

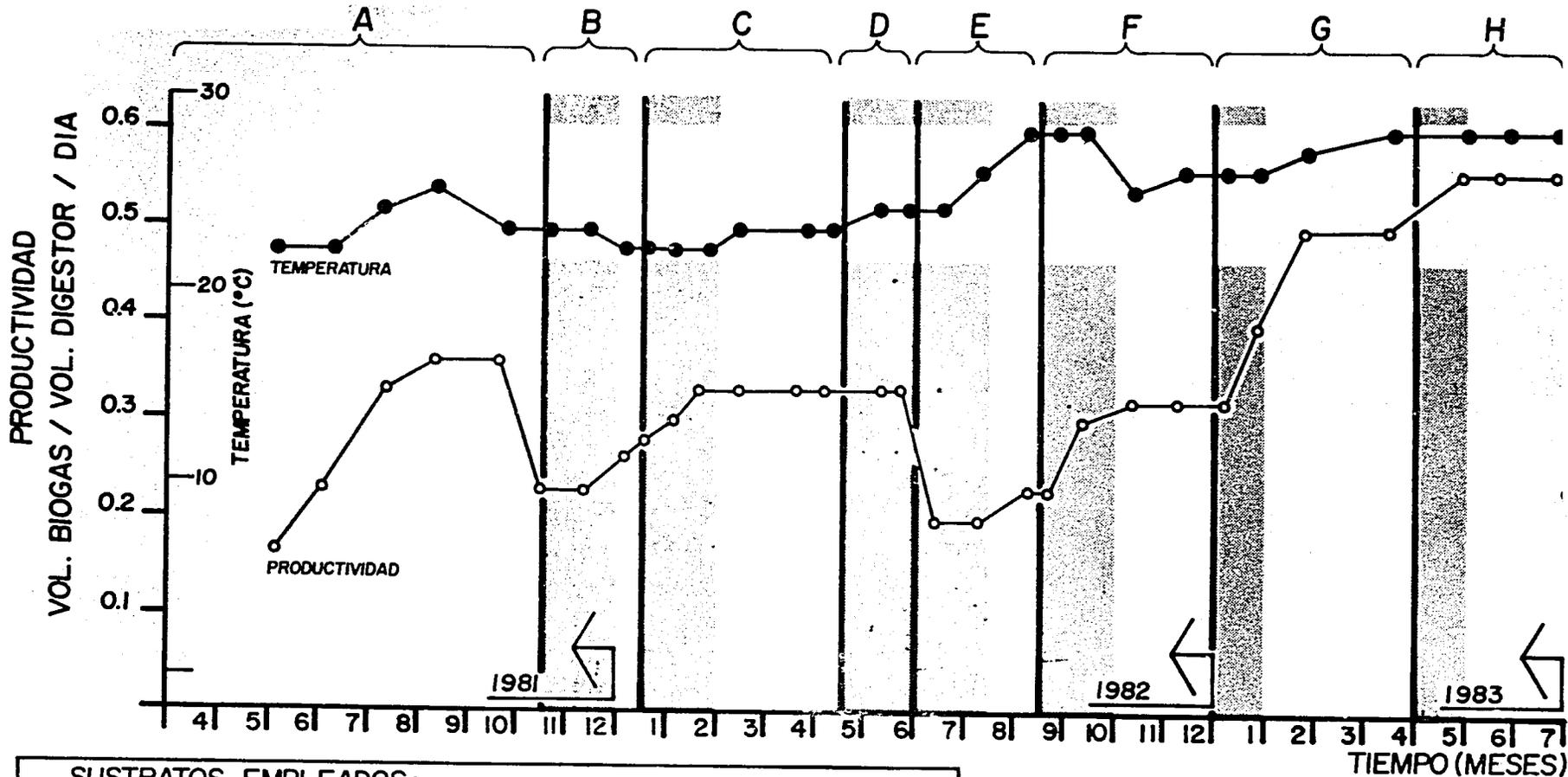
ESTIERCOL PORCINO - GALLINAZA 1:1

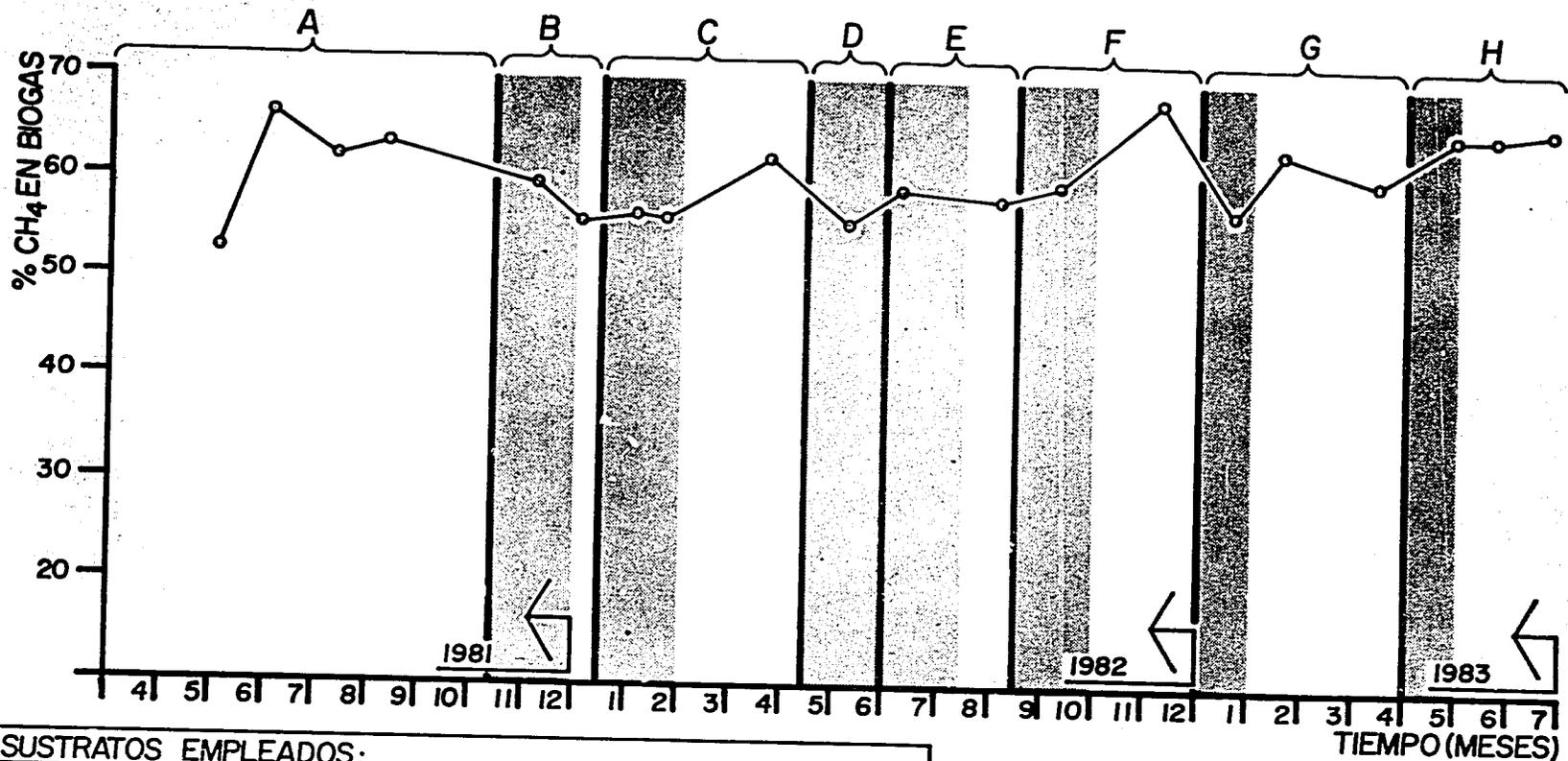
FECHA	Condiciones de Operación		Productividad del Digestor Vol Biogás/Vol Digestor-día	Calidad BIOGAS % CH <sub>4</sub>	E F L U E N T E			
	Período Retención	t°C			pH	% ST	% SV	Nitrógeno gm/100 gm
24 de junio de 1983	30 días	28	0.56	65.0	8.1	7.13	59.2	2.68
26 de julio de 1983	30 días	38	0.56	66.0	8.0	6.17	65.1	3.06

24

TABLA 8

GRAFICAS

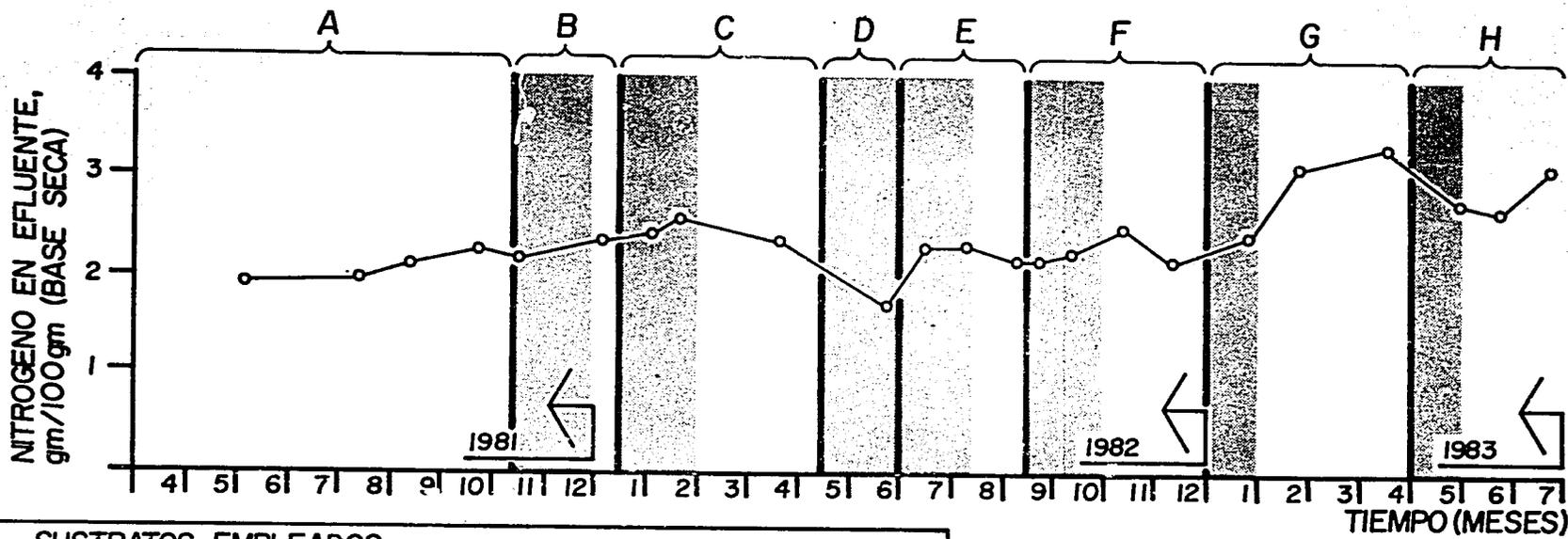




SUSTRATOS EMPLEADOS:			
A	ESTIERCOL RES	1:1	E ESTIERCOL RES-GALLINAZA 4:1
B	ESTIERCOL RES-CERDO	1:1	F ESTIERCOL RES-GALLINAZA 3:2
C	ESTIERCOL RES-CERDO	3:1	G GALLINAZA 1:1
D	ESTIERCOL RES-NAPIER	4:1	H GALLINAZA - CERDO 1:1

**GRAFICA 2**    %CH<sub>4</sub> VRS. TIEMPO OPERACION

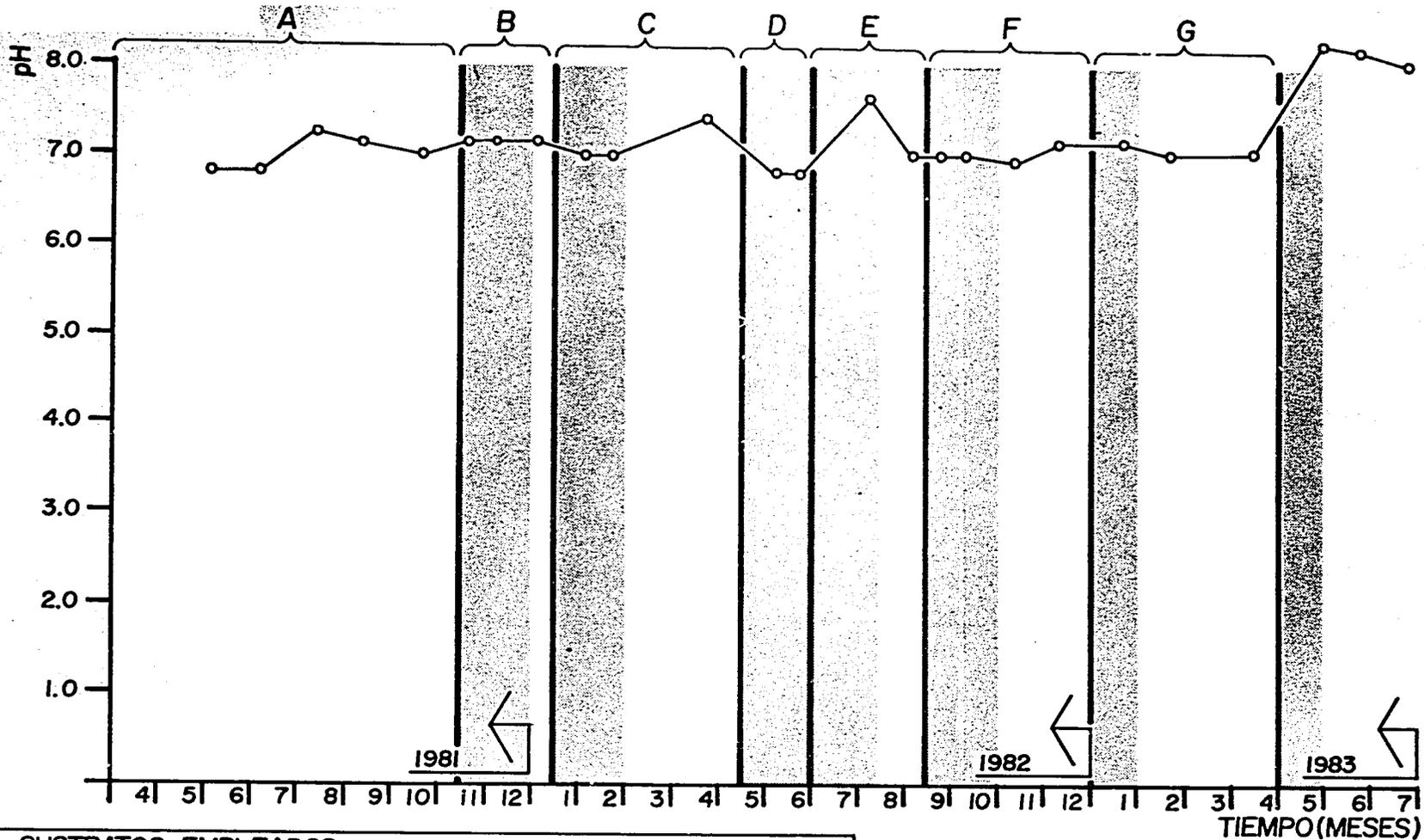
Ver nota en gráfica 1.



SUSTRATOS EMPLEADOS:					
A	ESTIERCOL RES	1:1	E	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	4:1
B	ESTIERCOL RES-CERDO	1:1	E	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	3:2
C	ESTIERCOL RES-CERDO	3:1	G	GALLINAZA	1:1
D	ESTIERCOL RES-NAPIER	4:1	F	GALLINAZA - CERDO	1:1

**GRAFICA 3** NITROGENO VRS TIEMPO OPERACION

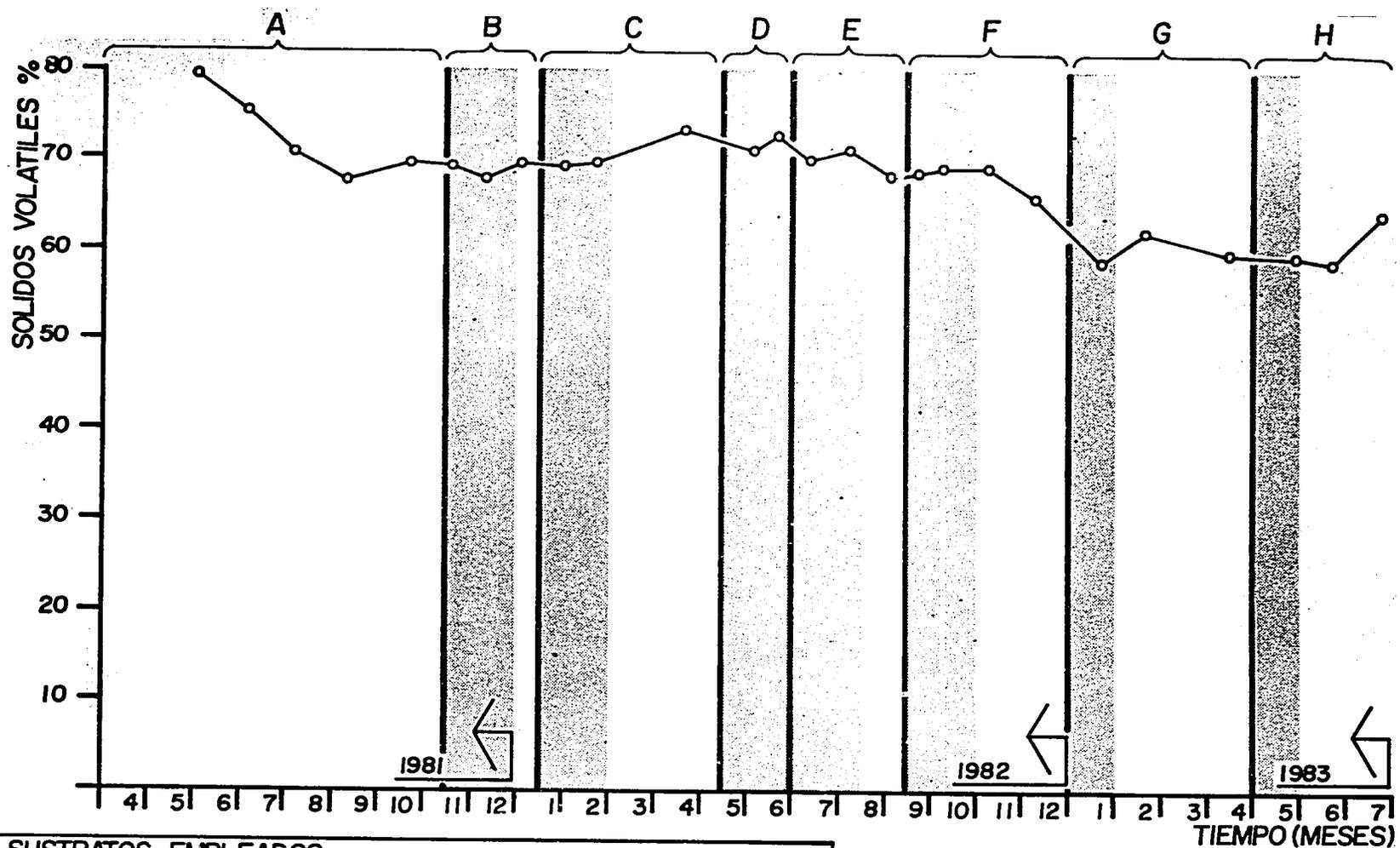
Ver nota en gráfica 1.



SUSTRATOS EMPLEADOS:					
A	ESTIERCOL RES	1:1	E	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	4:1
B	ESTIERCOL RES-CERDO	1:1	F	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	3:2
C	ESTIERCOL RES-CERDO	3:1	G	GALLINAZA	1:1
D	ESTIERCOL RES-NAPIER	4:1	H	GALLINAZA - CERDO	1:1

**GRAFICA 4** pH VRS. TIEMPO OPERACION

Ver nota en gráfica



SISTRATOS EMPLEADOS:					
A	ESTIERCOL RES	1:1	E	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	4:1
B	ESTIERCOL RES-CERDO	1:1	F	ESTIERCOL RES-GALLINAZA	3:2
C	ESTIERCOL RES-CERDO	3:1	G	GALLINAZA	1:1
D	ESTIERCOL RES-NAPIER	4:1	H	GALLINAZA - CERDO	1:1

**GRAFICA 5** | SOLIDOS VOLATILES VRS TIEMPO OPERACION

Ver nota en gráfica 1.