

Arranque de un reactor anaerobio

José Pacheco¹ y Aldo Magaña²

RESUMEN

La problemática del arranque de un reactor anaerobio consiste en mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento de la biomasa siendo los nutrientes necesarios lo mas importante para el crecimiento de la biomasa. Esto último puede variar mucho dependiendo del origen del agua y en el caso de las aguas residuales domésticas, aunque los valores de los diferentes componentes se encuentran balanceados, normalmente la concentración de éstos es muy baja, particularmente para el desarrollo de la biomasa anaerobia por lo que le crecimiento resulta excesivamente lento produciendo un arranque muy prolongado.

En este estudio se midieron las relaciones de AGV/Alcalinidad, la relación alfa que es la alcalinidad a diferentes valores de pH y la relación alimento – microorganismos (A/M) como parámetros indicadores de la marcha del arranque y los resultados obtenidos nos indicaron que los dos primeros indicadores se mantuvieron en rangos óptimos, no así la relación A/M que tuvo valores demasiado altos cuando su valor debía ser cercano a uno, lo que nos condujo a concluir que se requería mucho mas inóculo del usado para un arranque exitoso.

Palabras clave: Reactor anaerobio, biomasa, arranque de un reactor

INTRODUCCIÓN

Arranque de reactores anaerobios

El arranque de los sistemas anaerobios consiste en hacer ingresar el agua residual al sistema y procurar mantener las condiciones idóneas para el desarrollo de la biomasa anaerobia. (Noyola, 1994).

El arranque de cualquier reactor anaerobio es lento, debido a la baja producción de biomasa en relación al sustrato consumido, ($Y = 0.18 \text{ Kg SSV} / \text{Kg DQO}_{\text{removida}}$) por lo que es conveniente la inoculación. Sin embargo la inoculación y el arranque pueden requerir un alto grado de experiencia y conocimiento. Lo anterior es particularmente cierto cuando no se cuenta con inóculos adecuados o adaptados, caso muy común en México (López *et al*, 2000).

Desde que se inicia el arranque hasta que se considera se ha alcanzado la estabilidad del proceso, lo más importante es la retención de biomasa viable dentro del reactor y su posterior acumulación, aspecto que tiene mucho que ver con la formación de gránulos o “pellets” con tamaños ideales entre 1 y 3 mm de diámetro. La formación de estos gránulos es una característica que distingue a los sistemas de fermentación metanogénica de flujo ascendente, de los otros sistemas anaerobios (Castro *et al*, 1999; López *et al* 2000).

Monroy (1992) menciona que para que un reactor anaerobio sea estable es necesario que exista un ambiente que permita la mejor actividad de la biomasa y que el tiempo de retención de sólidos sea adecuado. Por el contrario; agrega, una sobrecarga orgánica causada por el aumento en la concentración o en el caudal, variaciones en la temperatura y la entrada de compuestos tóxicos al reactor, son causas que rompen la estabilidad.

¹ Tesista de la Maestría en Ingeniería Ambiental, FIUADY

² Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental, FIUADY

La duración del arranque depende de los parámetros biológicos, químicos y físicos. El arranque está influenciado por la concentración y composición de las aguas residuales, el volumen, la actividad y la adaptación del inoculo, condiciones ambientales, parámetros de operación y por último la configuración del reactor. Todos ellos se encuentran estrechamente relacionados (Noyola, 1994).

Una de las causas más frecuentes del mal funcionamiento de los reactores anaerobios es el desequilibrio entre las bacterias productoras y las consumidoras de ácidos. Dicho desequilibrio se debe durante el arranque, a la ausencia de un sistema microbiano maduro (Giraldo, 1998).

Objetivo General

Estudiar la etapa de arranque de un reactor anaerobio de flujo ascendente en función de las variables asociadas a la estabilidad del proceso.

Material y método

Características del reactor anaerobio

Este trabajo de investigación se desarrolló específicamente en un reactor anaerobio. Este reactor es de flujo ascendente y se encuentra dividido en dos secciones: la inferior consiste en un manto de lodos con recirculación y en la parte superior se encuentra un medio filtrante experimental, constituido por anillos de plástico de tamaño variable, obtenidos de botellas de desecho (Figura 1). La capacidad de este tanque es de 10 m³.

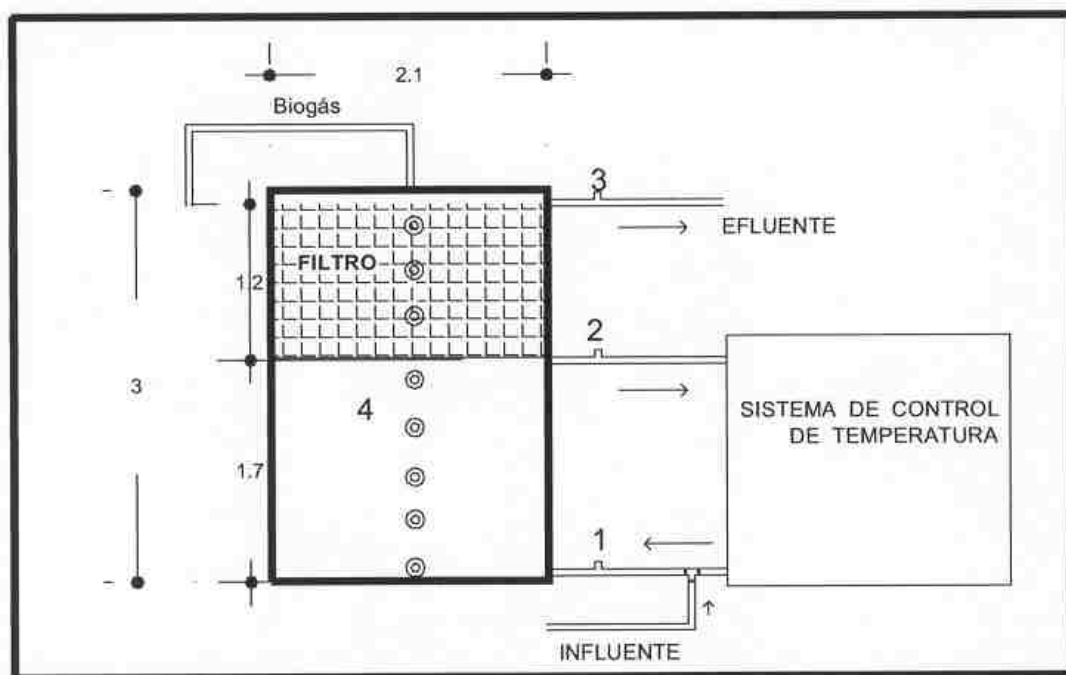


Figura 1 REACTOR ANAEROBIO

Para mejorar la remoción de la materia orgánica en el reactor anaerobio se trató de operar éste a una temperatura de 36 °C (temperatura óptima para la reacción anaerobia) para lo cual se utilizó un sistema formado por un calentador solar, un tanque

intercambiador de calor y un sistema automatizado de control de temperatura. Para determinar la temperatura del interior se dispuso de 3 sensores térmicos en la zona del manto de lodos.

Caracterización del influente

Se determinaron los parámetros que describen las características físico-químicas del agua residual a tratar de acuerdo con los métodos normalizados expuestos por la APHA (1984). Los parámetros que se determinaron fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Fósforo, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles (SST, SSV), potencial de Hidrógeno (pH), Dureza Total, Alcalinidad y Sulfatos.

Para determinar las características anteriormente descritas se realizó un muestreo compuesto al influente.

Determinación de parámetros de control

La DQO, y los SSV, se determinaron por los métodos propuestos por la APHA (1984).

Para determinar el valor de alcalinidad presente en el reactor, se empleó el método propuesto por Ripley (1986), basado en una modificación del método de la APHA (1984), que consiste en realizar el método oficial, con un punto intermedio a pH de 5.75.

Los ácidos grasos volátiles (AGV) se determinaron por la valoración por retroceso de la muestra empleada para alcalinidad. Este método consiste en valorar un volumen conocido de agua residual con un ácido de normalidad conocida hasta pH 3.3. Después se elimina el CO₂ sometiendo la muestra a ebullición durante 30 minutos en un sistema de reflujo (para evitar pérdidas de AGV) y se valora por retroceso con solución titulada de NaOH hasta pH de 7.00 (Field, citado por Borja, 1989).

Variables de estudio

Las variables que se utilizaron para estudiar el proceso de arranque son las siguientes:

AVG/Alcalinidad

Alcalinidad alfa

Relación (A/M)

Arranque del reactor

Como inóculo se emplearon 60 litros de líquido ruminal vacuno fresco, los cuales se diluyeron en 1.5 m³ de agua y se filtraron con una criba antes de ser introducidos al reactor. El procedimiento para el arranque se realizó operando el reactor, en una primera etapa de tres ciclos batch (alimentación por lotes).

Cada ciclo batch se realizó de acuerdo al siguiente método: Como primer paso se llenó el reactor con agua residual poniéndola en recirculación hasta que la disminución de la DQO no era significativa (menos del 10%) y se iniciaba el siguiente ciclo alimentando nueva agua residual hasta desplazar toda el agua residual inicial con un volumen igual, repitiendo la recirculación hasta obtener que la disminución de la DQO no fuera significativa y así sucesivamente.

La segunda fase consistió en operar de manera continua el reactor, alimentando agua residual proveniente del cárcamo de captación del FOVISTE por medio de una bomba sumergible que operaba por una hora y paraba una hora, siendo el TRH de 12 horas. La recirculación se realizaba por medio de otra bomba con operación alternada con la bomba de alimentación, con una relación de 1.1%.

Diseño de muestreo

Para el análisis de los diferentes parámetros de la primera etapa (Batch), se colectaron muestras compuestas diarias, formadas por volúmenes iguales de cada una de las cinco válvulas correspondientes al manto de lodos (M4).

Para la etapa continua los análisis realizados en cada uno de los puntos de interés (M1, M2 y M3, mostrados en la Figura 1) fueron: Entrada y salida (M1 y M3): alcalinidad total, DQO), recirculación (M2): alcalinidad total, alcalinidad a pH 5.75, DQO, SSV, y pH.

RESULTADOS

Tabla 1. Concentración de la DQO durante el arranque

Fase	DURACION (días)	DQO Total (mg/l)		DQO Soluble (mg/l)	
		INFLUENTE	EFLUENTE	INFLUENTE	EFLUENTE
BATCH 1	7	1375	346	815	346
BATCH 2	4	565	370	361	348
BATCH 3	11	735	311	358	238
CONTINUO	29	859	528	351	339

La eficiencia de remoción de la DQO total fue de 74%, 35%, y 57%, para cada ciclo batch respectivamente. Para la DQO soluble fue de 63%, 9%, y 33%, respectivamente (Tabla 1). La diferencia de las eficiencias entre los ciclos se explica debido a los diferentes valores de la concentración del agua inicial, a mayor valor, mayor % de remoción. La remoción de la DQO durante la etapa continua no fue

adecuada ya que en promedio fue de 38% para la total y para la fracción soluble fue de 3.4%. Aunque la remoción de la DQO total alcanzó valores importantes estos tienen que ver mas bien, con la sedimentación de la fracción suspendida que conforma el total de la DQO, pues al final de cada ciclo el valor de la DQO total remanente se aproximó al de la DQO soluble.

Tabla 2. Valores promedio y desviación estándar de los parámetros de control de arranque

Fase	Alfa		AGV/ALK		A/M		p.H.		Temp. °C	
	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ
Batch 1	0.65	0.056	0.35	0.043	35.0	13.8	7.2	0.24	28.7	1.93
Batch 2	0.63	0.017	0.36	0.007	16.6	6.25	7.2	0.05	29.6	0.84
Batch 3	0.61	0.030	0.34	0.018	11.1	5.30	7.1	0.07	31.2	0.99
Continuo	0.60	0.033	0.28	0.049	15.0	9.28	7.1	0.17	29.6	2.13

La relación alfa (alcalinidad pH 5.75 / alcalinidad 4.3), se mantuvo para todos los casos por arriba de 0.50 valor reportado por Lopez *et al* (2000) como recomendable para la estabilidad del proceso anaerobio (Tabla 2).

La relación AGV/ALK, para todas las etapas se mantuvo por debajo del valor que Borja (1989) menciona como condición de falla (AGV/ALK>0.40).

En la literatura se menciona que el principal problema que se presenta durante el arranque, es la acidificación del reactor. Sin embargo, esto no se presentó durante las diferentes fases que se operó el reactor. Lo anterior se puede deber a que la alcalinidad del influente es alta (650-750 mg/l), lo cual evitaría un descenso en el pH y por consiguiente muy poca variación de este último.

La relación A/M tiene una variación importante en todas las fases del arranque, siendo el primer ciclo el que presentó el promedio más alto, así como la desviación mas alta (Tabla 2). Los valores de este parámetro no evidencian una tendencia definida; sin embargo, sí ponen de manifiesto la poca cantidad

de biomasa en el interior del reactor, lo cual indica que para obtener un arranque más rápido se requiere mucho mas inóculo inicial.

La temperatura era también uno de los parámetros a controlar, pues se pretendía mantener ésta en 36 °C, sin embargo, esto no fue posible ya que el calentador dispuesto para este fin resultó insuficiente obteniéndose los valores mostrados en la Tabla 2. El valor promedio de la temperatura fue determinado en horas de la mañana .

La variación durante el primer ciclo se explica debido a que se realizó durante la primera mitad del mes de Marzo, cuando aún es común tener temperaturas ambientales bajas (20° a 25° C) con relación a la óptima de 36 °C. La etapa continua presentó la mayor variación la cual fue producida por días nublados y lluviosos sobre todo al final de la etapa (primeros días del mes de Mayo).

CONCLUSIONES

La remoción de la DQO total durante los ciclos batch fue de 74% al 35% y de 38% para la

etapa continua. La remoción de la DQO soluble fue de: 63%, 9% y 33% para los ciclos batch y del 3.4% para la fase continua.

La relación alfa y la relación AGV/ALK no sobrepasaron los límites recomendados por la literatura.

Los valores de A/M son mucho mayores que la unidad lo cual demuestra un lento crecimiento de

biomasa en el reactor y por consiguiente la causa de la poca remoción de la materia orgánica representada por la DQO.

Para un arranque mas exitoso de esta configuración de reactor con aguas residuales domésticas será necesario utilizar una cantidad mucho mayor de inóculo.

REFERENCIAS

APHA, AWWA, WPCF (1984) "Standard methods for examination of water and wastewater" Ed. 18th.

Borja, R. (1989) **Control de reactores anaerobios: Parámetros y procedimientos**. Instituto de la grasa y derivados. Sevilla España.

Castro-González, A.; Duran -de- Bazúa, M.; Enriquez, M.; e Y.Pliego-Bravo. (1999) **Estimación de los parámetros de diseño de digestores de alta tasa para el diseño y construcción de un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente y seguimiento físico químico de su arranque y estabilización**. En: "Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos".

Giraldo, E. (1998) **Modelación matemática del proceso de la digestión anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales industriales**. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. Bogotá Colombia.

López, J.; Morgan, J.; y A. Noyola. (2000) **Arranque de reactores anaerobios industriales dos casos de estudio**. En: "Memorias de XII Congreso de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales" (FEMISCA).

Monroy, O. (1992) **Control de la digestión anaerobia** . En: "Curso de bioprocesos anaerobios para el tratamiento de aguas residuales industriales". UAM Iztapalapa.

Noyola, A. (1994) **Diseño, inoculación y arranque de reactores UASB**. En: "Memorias del III Taller y seminario Latinoamericano de Tratamiento anaerobio de aguas residuales". Universidad de la República (Editor). Montevideo Uruguay.