

# BIODIGESTOR DE DOBLE PROPÓSITO – PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN – PARA RESIDUOS DE GRANJA PORCÍCOLA

P. ACEVEDO\*

Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander

\* Ingeniera Química UIS, Estudiante de Maestría

E-mail: [paolaacevedo83@hotmail.co](mailto:paolaacevedo83@hotmail.co)

Fecha Recepción: 28 de Agosto de 2006

Fecha Aceptación: 4 de Octubre de 2006

## RESUMEN

Se presenta, con algún detalle, el diseño y operación de un biodigestor para procesar residuos de una porcícola, dentro del cual se produce biogás útil para la cocción de alimentos para humanos y animales de una granja integral, abono líquido para pastos y cultivos de la granja y subproductos sólidos de los cuales una parte se destina a alimentar peces y otra se utiliza como fertilizante sólido de pastos y cultivos; en este frente, además de biodigestor el sistema propuesto es parte de un sistema de manejo integral de residuos que convierte corrientes contaminantes en flujos de bienes y servicios con valor económico y ambiental. Otro propósito del biodigestor diseñado e instalado es el permitir investigaciones de diverso tipo, como por ejemplo las orientadas a optimizar la operación del sistema o a optimizar el diseño de modelos mejorados. Se describe el sistema diseñado, construido y en operación productiva.

**Palabras claves:** Biodigestor-estercolero, Granja, Porcícola

## INTRODUCCIÓN

El problema afrontado es el manejo y procesamiento de aguas residuales con alta carga orgánica, pero acotado al reducir la gama de composiciones de aguas residuales a las de mezclar orinas y excretas de cerdos con aguas de lavado y al tomar como base los flujos propios de una instalación porcícola específica. El contexto es el de una instalación con la escala de fines productivos y comerciales, dentro de la cual se conocen y son difundidos sistemas de manejo que resuelven uno o los siguientes problemas: a) evitar impactos ambientales negativos y, b) obtener flujos de bienes y servicios con valor económico y ambiental, a partir de las corrientes de residuos. Con el mismo problema general, otro problema específico es la generación de conocimiento y desarrollo de tecnologías para resolver el primer problema. Este tipo de desafíos pasa por etapas de investigación científica y tecnológica a escala de laboratorio, plantas piloto, escalamiento y prueba de prototipos con diferentes tamaños hasta llegar a aplicaciones a escala de granjas reales. La hipótesis de partida de lo que se propone es que se puede diseñar, construir y operar un sistema que afronte a la vez los dos problemas específicos productivos y que, simultáneamente y operando el sistema con escala de producción, permita la generación de datos, información y conocimientos para mejorar el sistema.

## ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Es amplia la información documental, institucional<sup>3[4]</sup>, de expertos<sup>4</sup> y de paquetes o sistemas en funcionamiento<sup>5</sup>. La tecnología pertinente se puede calificar como madura para enfrentar los dos pero con preferencia uno de los problemas específicos productivos mediante: a) la obtención de biogás en biodigestores anaeróbicos, con rigurosos controles de relación agua/excretas, tiempos (discretos) de alimentación y tiempos de residencia; en estos casos la atención se centra en los flujos de biogás y en la estabilidad del sensible sistema biológico y típicamente solo se puede procesar una parte de

<sup>3</sup> Como ejemplo en el contexto colombiano se puede citar a varias universidades (con grupos de investigación consolidados en el campo (Universidad Nacional, UIS, UNIVALLE, entre otras), al Instituto colombiano del Petróleo (ICP), algunas Corporaciones Autónomas Regionales Ambientales (CVC, CDMB, entre otras), CIPAV y como ejemplo específico el Nodo de Producción Más Limpia de Santander que ha afrontado el problema de las aguas residuales de porcícolas.

<sup>4</sup> En diferentes zonas del país hay algunas firmas de personas naturales que ofrecen asesoría y paquetes tecnológicos en el frente que nos ocupa.

<sup>5</sup> De granjas porcícolas comerciales y hasta de organizaciones que combinan fines de producción porcícola con ecoturismo y educación como PANACA (Parque Nacional Agropecuario).

los residuos<sup>6</sup>[1,3,4,5,7], b) la sedimentación y disposición posterior de los sólidos sedimentados y de los líquidos con diferentes propósitos, con enfoque de manejar y valorizar la totalidad de los residuos y evitar la contaminación de los mismos, capturándolos y tratándolos en el momento, flujo y concentraciones con que se producen en la operación de la granja porcícola; con estos sistemas se manejan bajos tiempos de residencia, no se tiene como propósito central maximizar o aprovechar el gas y se trata de procesos fundamentalmente aeróbicos<sup>7</sup>. En cuanto a los biodigestores se tiene una amplia variedad de modelos<sup>8</sup>, algunos hoy poco utilizados. Los sedimentadores o “estercoleros” también tienen modelos constructivos diferentes con características impuestas por condiciones específicas del uso posterior de los sólidos y de los líquidos<sup>6</sup>.

Sistemas de doble propósito no son frecuentes y más bien hay casos en que se construyen y operan simultáneamente los dos sistemas independientemente, con los consecuentes aumentos de inversiones y costos, de flujo de gas que puede ser el producto, de impacto en los ingresos o ahorros financieros. Se plantea después que uno de los estudios que se puede hacer es comparar relaciones costo/beneficio, para las circunstancias que rodean la granja específica del sistema de doble propósito.

El párrafo anterior enlaza con el análisis de los antecedentes de sistemas con propósitos productivos e investigativos. No se tiene conocimiento de casos en que, como en el presente, se proponga construir y operar un sistema con propósitos simultáneos de producción y de investigación. Tradicionalmente las escalas, capacitación de personal, metodologías y enfoques, necesidades de instrumentación y control, velocidades de respuesta de los sistemas, flexibilidad para cambiar variables (operacionales o experimentales, según el caso), entre otros aspectos, de uno y otro propósito, son tan diferentes que hacen que no haya estímulo para intentar superar las distancias. Tal vez el principal obstáculo es cultural en cuanto los grupos de interesados (productores - operadores vs.

académicos – investigadores) no convergen en el mismo escenario espacial y de desempeño. Otro obstáculo, relacionado, es el poco interés de investigaciones multi, trans o interdisciplinarias, lo que hace difícil hacer converger intereses en conocimientos de biotecnología, ecología y bioquímica, por el lado de las disciplinas científicas, con intereses en conocimientos en agronomía, medicina veterinaria y zootecnia, por el lado de las disciplinas tecnológicas y con intereses en conocimientos de nutrición animal, agricultura, piscicultura, porcicultura, avicultura, silvicultura y agroforestería, entre otros sectores o actividades productivas de aplicación.

En las circunstancias de la granja donde se construyó el sistema, se tienen enfoques y condiciones que facilitan el superar las distancias porque el escenario de intereses y de planeación es el de una granja integral con componentes zoo (peces, cerdos, vacunos, aves, ovinos), fito (pastos naturales y mejorados, de corte y de pastoreo, palma africana, frutales, maderables, cacao, caucho, huerta, entre otros), combinados (silvopastoriles, agroforestería) e industriales o de post cosecha (derivados lácteos, beneficio de peces y aves, entre otros), donde además se experimenta, se busca innovar y se aprende haciendo.

El sistema de manejo de las aguas residuales, si bien tiene como propósito fundamental el manejo de los desechos porcícolas, también podría hacerlo con las aguas residuales del componente vacunos de la granja integral y se interrelaciona muy fuertemente con el sistema de manejo del agua (incluida el agua lluvia) y del suelo. En la Tabla 1 se hace un análisis comparativo entre los sistemas construidos para investigación y experimentación (columna 2 de la tabla), los sistemas construidos para producción (columna 3 de la tabla) y sistemas ideales o deseables de propósito investigativo – productivo (columna 4 de la tabla), con diferentes criterios o factores de comparación (primera columna de la tabla); se añade una quinta columna donde se consigna lo que se espera como resultado real del sistema diseñado y solo parcialmente construido<sup>9</sup>. La columna cuarta contiene el ideal buscado al que se orientó el diseño del sistema y la columna quinta lo que (a priori<sup>10</sup>) se considera que se va a lograr con el sistema efectivamente construido.

<sup>6</sup> No tanto por el tamaño e inversión necesarios para procesar todo, cuanto por la necesidad de controlar variables cuyos intervalos se desbordan por necesidades de operación.

<sup>7</sup> Se dejan por fuera del análisis soluciones como, por ejemplo, las lagunas de oxidación (aeróbicas, anaeróbicas y facultativas), tanques sépticos (anaeróbico), lodos activados (aeróbico), filtros percoladores (aeróbico), por cuanto para el manejo específico de aguas de porcícolas no se utilizan por escala, costo, capacidad necesaria de mano de obra, entre otras razones.

<sup>8</sup> UASB, a piston y dentro de cada categoría diversos modelos constructivos y operativos.

<sup>9</sup> Se incluyeron facilidades para instalar instrumentos, controles, facilidades de operación, tomas de muestras, instalaciones complementarias, pero no se han instalado dichos componentes adicionales que solo tienen propósitos de investigación. Se tiene la expectativa de obtener los recursos financiero y patrocinio general para hacerlo.

<sup>10</sup> Antes de hacer las investigaciones o experimentaciones y que se debe confirmar al hacerlas.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y SU OPERACIÓN EN EL ESTADO ACTUAL

Se pueden considerar varios niveles de agregación del sistema productivo con el Biodigestor – Estercolero como uno de sus componentes. El más amplio (Ver Figura en capítulo 6 <sup>[2]</sup>) involucra, aguas arriba, la planta de producción de alimentos para cerdos, el sistema de suministro de agua y el suministro de otros insumos a la cocheras y las cocheras; aguas abajo, los estanques de piscicultura, el sistema de riego del efluente líquido como fertilizante, la distribución de sólidos tratados también como fertilizantes, el sistema de manejo de residuos sólidos de la granja integral, los cultivos a los que se aplican los fertilizantes líquido y sólido y el sistema de tratamiento, conducción y uso del gas en la casa y en la planta de preparación de alimentos (por este lado se cierra el ciclo). El más limitado (Ver Figuras capítulo 2 <sup>[2]</sup>) involucra solo el biodigestor con los sistemas de alimentación desde las cocheras (que son dos) y los sistemas de descarga de gas, fertilizante líquido y sólidos tratados. En este documento se adopta el enfoque de sistema reducido para efectos de la descripción de la operación.

La alimentación al biodigestor – estercolero empieza en las cocheras mismas donde: a) se produce en forma permanente orina y excretas de los cerdos que eventualmente solo en parte se retienen con el aserrín (o el material de cama que se utilice) de manera que eventualmente se tiene una corriente permanente de lixiviado cuyo flujo y características dependen de variables operacionales de la cochera (como la frecuencia de cambio del aserrín y cantidad colocada) y climáticas (temperatura y humedad ambientales), entre otras; b) al lavar las cocheras y los cerdos, típicamente después de un retiro de sólidos húmedos, se producen flujos periódicos o discontinuos de las aguas de lavado, cuyo flujo y características dependen de variables operacionales de la cochera (grado de “limpieza” del piso después de retirar los sólidos y antes del lavado, frecuencia de lavado, flujo, presión y modo de aplicar el agua de lavado).

Las corrientes a) y b) de cada una de las dos cocheras, descritas en el párrafo anterior pueden alimentarse al biodigestor por separado en el momento en que se producen o bien, la corriente a) se puede acumular en cada tubo que conecta cada cochera con el biodigestor hasta cuando se llene y descargarla en ese momento; lo más fácil es la descarga en la medida en que se va produciendo. Se pueden escoger los momentos y frecuencia de lavado de cada una de las dos cocheras de modo que la llegada de la corriente b) de cada cochera ocurra de acuerdo con un plan previsto.

En la entrada de cada tubo se cuenta con piletas donde se puede: i) añadir nutrientes o sustancias que cumplan alguna función posterior en el biodigestor, ii) desviar la corriente total para que no alimente el biodigestor sino que vaya al sistema de bombeo localizado después del biodigestor o directamente a cultivos como fertilizante o a los estanques de peces; iii) cuenta cada pileta con mecanismos de filtración y sedimentación que podrían utilizarse para desviar fuera del tubo todo o parte del líquido de cualquiera de las corrientes, regular la relación líquido/sólido y llevar el líquido al sistema de bombeo localizado después del biodigestor o directamente a cultivos como fertilizante.

En los dos tanques del biodigestor (en conjunto) se puede manipular el nivel de líquido y/o de mezcla sólido – líquido, y por tanto el volumen que se deja como cámara de gas, mediante a) la salida en el fondo del tanque No 1; b) Cada una de las tres salidas (fondo, altura media y cerca del tope) del tanque número 2 y conectadas con el tubo vertical transparente para seguimiento visual del nivel.

En los dos tanques del biodigestor (en conjunto) se puede regular la relación líquido/sólido al escoger la salida de mezcla o solo de líquido por cualquiera de las salidas mencionadas en párrafo anterior, por cuanto se cuenta con vía de salida a través de filtro y vía de salida sin filtro. Si se considerase conveniente en algún momento aumentar la proporción de agua, se cuentan con entradas del mencionado líquido en las tapas herméticamente selladas de cada tanque.

Para la salida de la mezcla total se puede seleccionar la altura de salida, escogiendo la vía de salida entre las tres disponibles para el tanque No 2. En la salida del gas se tiene una válvula de cheque cuya presión de desfogue es fija pero se podría cambiar esa válvula y por tanto seleccionar otra presión en la cámara de gas. Se puede escoger en qué momento se destapan los tanques para operaciones de lavado, limpieza y/o descarga total, mantenimiento, instalaciones internas.

## COMPLEMENTACIÓN CONVENIENTE PARA INVESTIGACIÓN

Se procede a describir, en primer lugar las adecuaciones e instrumentaciones que se debería hacer en el biodigestor y, en segundo lugar las dotaciones complementarias. El lector puede contrastar la lista de dotaciones descrita con las investigaciones propuestas y evaluar la correspondencia entre los dos apartes de esta propuesta.

**Tabla 1.** Comparación de Sistemas solo Productivos o solo de Investigación con Sistemas de Producción e Investigación.

FACTOR O VARIABLE	SISTEMAS PARA INVESTIGACIÓN	SISTEMAS PARA PRODUCCIÓN	DESEABLE PARA DOBLE PROPÓSITO INVESTIGATIVO - PRODUCTIVO	ESPERADO O FACTIBLE CON SISTEMA CONSTRUIDO
Escala	Banco o máximo piloto	Escala del sistema productivo	La del sistema productivo	Escala del sistema productivo
Balances de masa y Energía	Precisos, globales y parciales	Inexistentes o solo globales y aproximados	Información pertinente posible	Posibilidad de instrumentación para soportar balances
Instrumentos de medición y control	Numerosos, costosos y de uso temporal	Inexistentes o escasos	Muchos, costo moderado, uso permanente	Media, de costo relativamente bajo, uso posible duradero
Flexibilidad operacional	Alta	Baja	Alta	Alta
Velocidad Relativa de respuesta	Alta	Baja a media	Alta	Variable según la operación
Perfil de personal	Académico, calificado, especializado	Operador recursivo con calificación media	Operador recursivo con calificación media	Operador recursivo con calificación media
Multiplicidad de propósitos	Limitada a obtener conocimientos específicos	Limitada a optimizar producción con limitaciones de diseño y operación	Orientada a producción y a obtener conocimientos, multiplicidad de asuntos por investigar	Orientada a producción y a obtener conocimientos, multiplicidad de asuntos por investigar
Costos operativos relativos	Altos	Bajos	Bajos	Bajos
Vida	De fugaz a baja	Alta	Alta	Alta
Integración de la etapa investigada con otras	De nula a baja	Alta	Alta	Alta
Número y tipos de investigaciones posibles	De Uno a pocos, normalmente de un solo tipo	Pocos, normalmente de un solo tipo	Varios y de diversidad de orientaciones	Varios y de diversidad de orientaciones
Tiempo para aplicación de resultados	De medios a altos	Inmediatos	Inmediatos	Inmediatos
Actores y etapas para transferencia	Típicamente numerosos	Pueden ser pocas	Una o pocas	Pocas
Posibilidad de uso para formación	Alta	Baja	Alta	Alta

### Adecuación e Instrumentación del Biodigestor

El propósito fundamental es la posibilidad de disponer de datos y de controlar variables de proceso y/u operación y por tanto se requieren medidores, facilidades para toma de muestras para su posterior análisis y reguladores de algunas variables.

### Dotaciones Complementarias

Se centra la atención en lo necesario para tomar y transportar muestras, realizar pruebas in situ y dotaciones diferentes a las de laboratorios especializados donde se procesarán las muestras. En trabajos previos se consigna ya el resultado de la selección de dotaciones in situ (sensores, registradores, controladores) su localización y algunos comentarios <sup>[2]</sup>.

### PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIONES POSIBLES

Para dar categorías a las investigaciones propuestas se puede utilizar, en primer lugar, una clasificación según la escala del sistema analizado (o bien, dependiendo de cuales sean las fronteras del sistema en análisis). Con este criterio se consideran tres escalas, de mayor a menor: el de la granja integral, el de la cochera que incluye el biodigestor – estercolero y solo el biodigestor. En segundo lugar, una categorización de acuerdo al propósito científico, tecnológico o de desarrollo tecnológico con propósitos productivos. En tercer lugar, más que investigaciones, estudios comparativos de modelos de propósito simple vs. doble propósito como sistema productivo y de modelos de propósito único (solo productivo o solo de investigación vs. modelos de doble propósito (productivo e investigativo). Se

debe hacer énfasis en que y no se tiene pretensión de haber sido exhaustivos en el planteamiento de alternativas de investigación.

**Investigaciones para Diferentes Escalas del Sistema**

Ya se mencionaron las tres escalas y la presentación de investigaciones posibles se hace a través de las Tablas 2, 3 y 4. Naturalmente que cada investigación debe ser sometida a un diseño particular minucioso. Como variables de entrada (independientes desde el punto de vista matemático, causales de las de salida o que se escogen y algunas se controlan) y de salida (de respuesta, de resultado, dependientes desde el punto de vista matemático, efectos de las de entrada) se toman factores cualitativos y cuantitativos. No se tiene pretensión de ser exhaustivos en la mención de variables de entrada y/o salida.

**Investigaciones según el Propósito Epistemológico**

En las Tablas 2, 3 y 4 se mencionan investigaciones de todos los enfoques epistemológicos (investigación científica, Investigación Tecnológica y Desarrollo Tecnológico).

**Estudios Comparativos de Modelos de Único o Doble Propósito**

Es pertinente examinar en este punto la Tabla 1 que establece criterios de comparación y de evaluación y se asoman resultados posibles de los modelos de doble propósito productivo. En cuanto a comparar modelos de propósito único (producción o investigación) vs. modelos de doble propósito, los estudios correspondientes tienen enfoques posibles de política de ciencia y tecnología que involucran tasas de sustitución de bienes y servicios en el mundo de la producción de bienes y servicios<sup>11</sup> (sectores productivos tradicionales) por bienes y servicios del sector del conocimiento<sup>12</sup>. Están en la línea de construir cadenas productivas que enlacen los eslabones del mundo del conocimiento, con los eslabones del mundo de la producción y el mercado.

<sup>11</sup> Más de la órbita del interés privado, de grupo o individual.

<sup>12</sup> Más de la órbita del interés público, general o colectivo, en especial cuando se trata de conocimientos científicos, aunque no exclusivamente por cuanto el conocimiento tecnológico tiene mercados cada vez más claros y abiertos.

**Tabla 2.** Investigaciones Posibles con Diferentes Escalas (Escala de Granja Integral).

Variables de Entrada	Variables de Salida	Algunas investigaciones
Dieta de los cerdos	Evolución de cultivos	Determinación de la fertilización óptima para un cultivo.
Dieta de los bovinos	Cosechas	Evaluación de Sistemas de riego en cultivos específicos.
Tecnología de uso del agua	Evolución de los suelos	Evolución de la fertilidad de suelos con fertilización orgánica líquida y sólida.
Tecnologías de cultivo	Impactos y efectos ambientales	Determinación de incorporación de carbono de un cultivo específico o de sus combinaciones.
Variables climáticas	Resultados socio – económico – Financieros	Evaluación Técnica, Económica y ambiental de sistemas silvopastoriles o de agroforestería.

**Tabla 3.** Investigaciones Posibles con Diferentes Escalas (Escala de Proyecto de Porcicultura).

Variables de Entrada	Variables de Salida	Algunas investigaciones
Tecnología de uso del agua	Flujo y Composición del gas	Eficiencia relativa de acetogénesis y metanogénesis en función de la composición de las aguas de lavado
Manejo de Sólidos en la Cochera	Flujo y composición del fertilizante líquido	Evaluación comparativa de efectos e impactos ambientales de diferentes maneras de operar el sistema
Operación de las piletas de mezcla	Flujo y composición de residuos sólidos	Evaluación experimental de la conveniencia de procesar juntas las aguas de porcícola y vaquera
Operación del biodigestor-estercolero	Flujo y composición del fertilizante sólido	Evaluación comparativa de sistemas solo productivos con sistemas productivos y de investigación
Operación del Tratamiento de Gases	Beneficio/costo comparativo	Propuestas de mejoras de diseño y operación de sistemas de propósito único o doble propósito para tratamiento de aguas de lavado de porcícolas

**Tabla 4.** Investigaciones Posibles con Diferentes Escalas (Escala de Biodigestor).

Variabes de Entrada	Variabes de Salida	Algunas Investigaciones
Sólido/Agua en alimento	Población bacteriana función del tiempo	Análisis de la Especialización de cada tanque en las reacciones
Tiempo de residencia en cada tanque	Flujo de gas en función del tiempo	Efectos sinérgicos o de competencia de las diferentes poblaciones bacterianas
Presión del gas en cada cámara	Flujo y composición del líquido función del tiempo	Cinética de las reacciones hidrofílicas, acetogénicas y metanogénicas
Nivel de interfase en cada tanque	Composición de mezcla función del tiempo	Modelamiento de Biodigestor y validación experimental de modelos
Frecuencia de cambio de limaduras de hierro	Composición y poder calorífico de gas	Optimización de la operación del biodigestor

**ABSTRACT**

Here is, with some detail, the design and operation of a Biodigester for the treatment of the remainders in a pig farm where biogas is produced for cooking human and animal food in an integral farm. Also liquid fertilizer is produced and used in agricultural labours and for the growing of grass while some of the solids by-products are destined to feed fish; in this front, in addition to biodigester the proposed system is part of a system of integral handling of remainders that turns polluting currents flows of goods and services with economic and environmental value. Another intention of the designed and installed biodigester is to allow investigations of diverse type, as for example oriented to optimize the operation of the system or to optimize the design of improved models. The designed, constructed system is described and in productive operation.

**Keywords:** Biodigester, Pig farm

**BIBLIOGRAFÍA**

1. ACEVEDO V., M. L. et al. (1997). *Diseño y construcción de un biodigestor Tipo para la Zona del Magdalena Medio*. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Mecánico, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
2. ACEVEDO, P. A. (2006). *Diseño planeación y puesta en marcha de una granja integral a escala de finca ganadera parte I*. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Químico, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
3. CAMACHO, J y MEDINA, M. (1982). *Construcción y evaluación de un biodigestor de flujo continuo con desplazamiento horizontal para producir biogás*. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Químico, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
4. DÍAZ, B., M.C., ESPITIA, V., S.E. y MOLINA P. (2002). *Digestión Anaerobia, una aproximación a la tecnología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
5. GONZÁLEZ, J y PÉREZ, W. (1994). *Diseño, montaje y puesta en marcha de un biodigestor tubular para la producción de biogás*. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Químico, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
6. NODO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE SANTANDER. (2002). *Manual de producción más limpia en porcicultura, sacrificio informal de aves, fundición y procesamiento de madera*. Bucaramanga.
7. VALLES, S. et al. (1980). Producción de metano por fermentación anaeróbica (Descripción del proceso, cinética del proceso, estudio de la tecnología). *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, vol. 20(2, 3 y 4), 189-208, 325-344, 469-480.