

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Química

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Biocombustible, biomasa y biogás

DISCIPLINA CIENTÍFICA

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	X
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	



c. Medición de la variación de azúcares totales con el tiempo.

2.3 Hipótesis

- El bioetanol es producido de forma masiva por la fermentación de melaza de caña de azúcar, un residuo de la industria. ¿Es posible obtener etanol por la fermentación de otro tipo de desechos orgánicos?
- Los tratamientos de hidrólisis permiten romper las estructuras celulósicas y hemicelulósicas para obtener compuestos más sencillos. ¿Los pretratamientos son necesarios para el caso de la pulpa y el mucílago de café?
- Los desechos generados luego de la fermentación, conocidos como vinazas, se rechazan y provocan afectaciones al ambiente. ¿Es posible dar un valor agregado a estas vinazas?

2.4 Detalle de los resultados esperados

- Caracterización de la pulpa y mucílago de café
- Determinación de los procesos de hidrólisis más eficientes.
- Porcentajes de etanol conseguidos en cada fermentación.
- Método de producción de etanol anhidro (superior a 99 % v/v).
- Caracterización de las vinazas y determinación del mejor tratamiento para estos residuos.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

El agotamiento de combustibles fósiles debido a la alta demanda energética ha provocado que se investiguen alternativas para reemplazar y disminuir el consumo de petróleo a nivel global. Los biocombustibles son considerados como fuente energética efectiva por su facilidad de uso y bajo costo, puesto que utilizan recursos renovables [1]. El bioetanol es un combustible de origen vegetal, producido al fermentar biomasa rica en azúcar. Compuestos con alto contenido de celulosas, hemicelulosas y material lignocelulósico son preferidos como materia prima [2].

El café es uno de los productos agrícolas más importantes a nivel global. Durante el procesamiento del grano alrededor del 90 % del fruto se desecha y se generan subproductos sólidos y líquidos. Estos residuos se usan para la producción de enzimas, bioetanol, biogás, biodiesel, alimento para animales y como irrigación de plantaciones [3], [4].

En Ecuador el café posee una gran importancia económica. ProEcuador [5], muestra las ventas del grano en 2015, año en que el país obtuvo un ingreso de USD 18 millones por la exportación de 6 000 t de café soluble, verde y tostado. La producción cafetalera en el mismo período generó cerca de 81 000 t de residuos formados por la poda y renovación de plantas, por el proceso de beneficio y el proceso de trillado [6]. El proceso de beneficio genera los subproductos de mayor volumen como son la pulpa y el mucílago [7]. Estos materiales se usan en procesos sencillos de disposición final. La pulpa de café se usa como abono natural en plantaciones o como alimentos para animales [8]. Por su parte el mucílago se desecha con el agua de lavado posterior a la fermentación [3].

El bioetanol que se obtendrá en este proyecto se relaciona con la línea de investigación “Biocombustibles, biomasa y biogás” del Departamento de Ingeniería Química. Los lineamientos de la misma van enfocados al aprovechamiento de compuestos orgánicos para su aplicación en generación de biocombustibles.

El cambio de la matriz energética propuesto por el Gobierno Nacional plantea el desarrollo de industrias e incorporación de tecnologías. La generación de biocombustibles inició en 2010 como un proyecto piloto para producir gasolina mezclada al 5 % v/v con etanol y cuyo nombre fue Ecopaís [9]. Hasta 2014 se planteó su implementación a todo el país.

El bioetanol en el Ecuador se obtiene totalmente del procesamiento de jugo de caña, la meta futura es producir 400 millones de litros al año [9]. Se determinó una demanda de 200 millones de litros para 2017. Actualmente se producen cerca de 100 millones de litros, por lo que el Ministerio Coordinador de



Para la hidrólisis alcalina se utilizará NaOH al 32 % p/p con una dosificación de 0,25 % p/v y sulfito de sodio anhidro (Na_2SO_3) a 0,75 % p/v. La mezcla se calentará a ebullición por 60 minutos [19]. Por su parte para la hidrólisis enzimática se adicionará 1 mL de pectinasa por litro de mucílago, luego se ajustará el pH entre 4,5 a 5,5 y por 60 minutos se someterá a 75 °C para posteriormente colocarse a temperatura ambiente por 8 horas [19]. Para la muestra sin hidrólisis, se mantendrá la misma en un congelador hasta su posterior uso y no se añadirá ningún compuesto.

Una vez que hayan terminado los procesos de hidrólisis se realizará un acondicionamiento de las muestras previo a la fermentación. Se ajustarán los valores de pH de las soluciones entre 5,5 y 6,0 [20], para ello se utilizarán H_2SO_4 1M o NaOH 1N según corresponda el caso. Para disminuciones de grados Brix respecto a su valor inicial se adicionará miel hasta que regrese a su valor original [21].

Se utilizarán dos tipos de inóculo de levadura: prensada y seca. Las cepas de levadura serán añadidas a razón de 2,5 % p/v para la levadura prensada [22], mientras que la levadura seca se colocará a razón de 1 % p/v [19]. Posterior a ello se homogenizarán y se sellarán las muestras para ser incubadas a 30 °C, con agitación manual cuatro veces al día. El tiempo de fermentación variará según el tipo de hidrólisis.

Una vez terminada la fermentación se evaluarán el pH y la densidad específica nuevamente. Se tomarán 10 mL de cada fermentado para analizar el porcentaje de etanol con la norma AOAC 956.02 (*Color of Distilled Liquors Spectrophotometric (430 mm) Method*, 2000).

Se realizará una comparación entre los porcentajes de etanol obtenidos por cada uno de los tratamientos evaluados para la pulpa y el mucílago de café. Serán ocho experimentos para la pulpa (cuatro tipos de hidrólisis con dos cepas de levadura) y seis variaciones para el mucílago (tres tipos de hidrólisis con dos cepas de levadura), con conmutaciones totalmente aleatorias.

Evaluación de los procesos de rectificación y deshidratación del alcohol

Se realizará una destilación simple posterior a la determinación de porcentaje de etanol en las muestras fermentadas. De este proceso se obtendrán vinazas que se recolectarán en envases plásticos mientras que al alcohol obtenido se determinará su grado alcohólico según la norma AOAC 957.03 (*Alcohol by Volume in Distilled Liquors: Hydrometer Method*, 2000).

Se rectificará al etanol, primero con una columna Vigreux de 40 cm y en segunda instancia con una columna empacada con anillos Raschig. El destilado se acumulará en un matraz erlenmeyer y las vinazas se recolectarán en sus respectivos recipientes. Al alcohol obtenido se determinará el grado alcohólico con la norma AOAC 957.03. Se realizarán repetidas rectificaciones hasta que se obtenga etanol de 96 °GL. El número de repeticiones determinará la eficiencia del proceso de rectificación.

Las muestras del proceso de rectificación se recolectarán y ebulirán, sus vapores pasarán por tamices moleculares de 3 Å para provocar la adsorción de la humedad presente en el etanol [19], se recolectará el alcohol condensado y deshidratado en un recipiente de vidrio. El contenido de etanol será determinado con la norma AOAC 957.03. Asimismo se usará cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) para conocer los compuestos que se hallan en la muestra final. El grado alcohólico final de cada muestra determinará la eficiencia del proceso de deshidratación con tamices moleculares.

Caracterización a las vinazas obtenidas en el proceso y determinación de su mejor tratamiento

Las vinazas son residuos agroindustriales obtenidos al finalizar los procesos de destilación. Se determinará para cada tipo de vinaza la turbidez de la muestra, la cantidad de oxígeno disuelto y el color. Estas medidas permitirán decidir el mejor tratamiento mediante una comparación de parámetros respecto a los emitidos por investigaciones realizadas por Christofolletti et al. [23], España et al. [24] y Moran et al. [25], en las que se detallan procedimientos para varios tipos de vinazas acordes a la medición de parámetros químicos y físicos.

Referencias Bibliográficas

- [1] E. E. Kwon, H. Yi, and Y. J. Jeon, "Sequential co-production of biodiesel and bioethanol with spent coffee grounds," *Bioresour. Technol.*, vol. 136, no. March, pp. 475–480, 2013.
- [2] M. Viñals, A. Bell-García, G. Michelena, and M. Ramil-Mesa, "Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica," *Sist. Inf. Científica*, vol. 46, no. Producción de Etanol, p. 11, 2012.



Analítica	30PX	Analítica Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Química Analítica	pH-Meter Modelo 3510	Laboratorio de Química Analítica Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Química Analítica	Estufa Modelo CENCO	Laboratorio de Química Analítica Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Operaciones Unitarias	Molino de cuchillas Modelo 3379-K05	Laboratorio de Operaciones Unitarias Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Bioprocesos	Alcolyzer ME Modelo DMA 4500 M	Laboratorio de Bioprocesos Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología
Laboratorio de Operaciones Unitarias	Plancha de calentamiento Modelo HS1A C-P	Laboratorio de Operaciones Unitarias Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Análisis Instrumental	HPLC	Laboratorio de Análisis Instrumental Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Bioprocesos	Turbidímetro Portátil Modelo 2100P	Laboratorio de Bioprocesos Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología
Laboratorio de Bioprocesos	Medidor de oxígeno disuelto Modelo 5000	Laboratorio de Bioprocesos Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología
Laboratorio de Bioprocesos	Colorímetro Modelo DR/890	Laboratorio de Bioprocesos Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Autoclave para la esterilización de material de laboratorio, puesto que se requiere eliminar todas las formas de microorganismos para llevar a cabo una correcta hidrólisis y fermentación. El equipo se ubicará en el Laboratorio de Química Analítica.
- Plancha de calentamiento y agitación magnética para realizar soluciones sin necesidad de agitación manual o un mechero a gas. El equipo se ubicará en el Laboratorio de Química Analítica.
- Termómetro digital para la medición rápida y directa de la temperatura en cualquier solución tratada física o químicamente. El equipo se ubicará en el Laboratorio de Química Analítica.
- pH-metro para medición directa de la variación de acidez o basicidad de las muestras hidrolizadas. El equipo se ubicará en el Laboratorio de Química Analítica.

6.3 Fondos Adicionales

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
Ing. Marcelo Salvador MSc.	Producción de bioetanol a partir de la pulpa y el mucílago de café

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 114,52	\$ 687,12	\$ 125,00	\$ 749,99
Subtotal 1			\$ 114,52	\$ 687,12	\$ 125,00	\$ 749,99
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria equipos						
2.1 Autoclave	1		\$ 1.475,00	\$ 1.475,00	\$ 1.652,00	\$ 1.652,00
2.2 Plancha de calentamiento y agitación	1		\$ 750,00	\$ 750,00	\$ 840,00	\$ 840,00
2.3 Termómetro digital	1		\$ 35,00	\$ 35,00	\$ 39,20	\$ 39,20
2.4 pH-Metro	1		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ 2.860,00	\$ 2.860,00	\$ 3.203,20	\$ 3.203,20
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Tamiz molecular	2		\$ 120,00	\$ 240,00	\$ 134,40	\$ 268,80
3.2 Hidróxido de sodio	1		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 28,00	\$ 28,00
3.3 Ácido sulfúrico grado reactivo	1		\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 44,80	\$ 44,80
3.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ 185,00	\$ 305,00	\$ 207,20	\$ 341,60
4 Literatura especializada						
4.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Viaticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.3 Pago de inscripción y publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ 700,00
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ 700,00
TOTAL				\$ 3.852,12		\$ 4.994,79

Director del proyecto	Título del proyecto

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ 687,12	\$ 2.860,00	\$ 305,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.852,12
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 687,12	\$ 2.860,00	\$ 305,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.852,12

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ 749,99	\$ 3.203,20	\$ 341,60	\$ -	\$ -	\$ 700,00	\$ 4.994,79
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 749,99	\$ 3.203,20	\$ 341,60	\$ -	\$ -	\$ 700,00	\$ 4.994,79

