



Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, N° 1 (15-30).

POTENCIALIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA PAPA

Dr. Jean Carlos Pérez Parra^{1,2,3*}; MSc. Marco Altamirano Balseca²; MSc. Jorge Mauricio Nejer Guerrero²; Ing. Diego Fernando Castelo Castelo²

¹Universidad Técnica de Manabí (UTM). ²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

³Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprúm" (UNESUR).

*Autor para la correspondencia. Email: icperez@utm.edu.ec

Recibido: 1-2-2017 / Aceptado: 27-4-2017

RESUMEN

En Ecuador se propuso desde el 2010 como una meta a corto plazo incorporar 5% de bioetanol a la gasolina, a través del proyecto Ecopaís. Entre los objetivos de este proyecto está reducir la salida de divisas, ahorrar en subsidios, fomentar el empleo agrícola e industrial, disminuir las emisiones de CO₂, entre otros. A la fecha la gasolina con 5% de bioetanol ha llegado solo a algunas provincias. Para lograr cubrir todo el país se requiere elevar la producción de bioetanol. La provincia de Chimborazo, ubicada en la sierra central de Ecuador, es una provincia con vocación agrícola, y en 2016 fue la provincia con mayor extensión de cultivo de papa en el país, duplicando la producción del rubro en comparación al 2015, lo que generó una sobreproducción y a su vez una disminución del 50% del precio de la papa en el mercado, ocasionando una significativa reducción de los ingresos a los productores. En la búsqueda de usos alternativos de la papa, se propuso evaluar la potencialidad de la provincia para la obtención de bioetanol a partir de este cultivo. Es por ello que se realizó una revisión de los principales aspectos que permitirían desarrollar esta actividad como lo son las características económicas-sociales de la provincia, producción de papa y la sustentabilidad de la producción de bioetanol. Se obtuvo a partir de cálculos teóricos, que del procesamiento de solo un 1% de la producción de la papa se podrían alcanzar volúmenes de bioetanol similares a los aportados por la provincia de Cañar al proyecto Ecopaís. En términos generales, la provincia presenta un panorama favorable para el desarrollo de proyectos de producción de bioetanol a partir de la papa.

Palabras clave: papa, bioetanol, Ecopaís.

POTENTIALITY OF THE CHIMBORAZO PROVINCE FOR THE PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM THE POTATO

ABSTRACT

In Ecuador, it was proposed from 2010 as a short-term goal to incorporate 5% of bioethanol into gasoline, through the Ecopaís project. Among the objectives of this project is to reduce the outflow of foreign exchange, save on subsidies, encourage agricultural and industrial employment, reduce CO₂ emissions, among others. At this moment only some provinces count on gasoline with 5% of bioethanol. In order to cover the whole country, it is necessary to increase the production of bioethanol. The Chimborazo province, located in the sierra region of central Ecuador, is a province with an agricultural vocation, and in 2016 it was the province with the largest extension of potato cultivation in the country, doubling its production compared to 2015, which



led to an overproduction and a 50% decrease in the price of potatoes in the market, causing a reduction in the economic income of producers. In the search for alternative uses of the potato, it was proposed to evaluate the potential of the province to obtain bioethanol from this crop. That is why a review of the main aspects that would allow this activity to be developed, such as the economic-social characteristics of the province, potato production and the sustainability of bioethanol production. It was obtained from the theoretical calculations that the processing of only 1% of the potato production was converted into bioethanol volumes similar to those contributed by the Cañar province to the Ecopais project. In general terms, the province presents a favorable scenario for the development of bioethanol production projects from the potato.

Key words: potato, bioethanol, Ecopais.

1. INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles se han convertido en una fuente de energía alternativa para el sector transporte a nivel mundial en las últimas décadas, ellos representan una solución no solo a factores de índole económico como lo es la inestabilidad e incertidumbre de los precios del petróleo en los mercados internacionales (Khoshsima y col., 2017), sino también a factores ambientales, ya que sustituyen los combustibles fósiles, estos últimos representan más del 80% del total de la energía que se emplea en el mundo, generando emisiones de grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Mansouri y Col., 2016).

El desarrollo en materia de biocombustibles ofrece a los países nuevas oportunidades de inversión, fortalecer su economía rural además de reducir la brecha entre países desarrollados y aquellos que se encuentran en vías de desarrollo, en aspectos como innovación y generación de ingresos, por la incorporación de valor agregado a nuevos productos energéticos (Pacini y col., 2013).

Las principales fuentes para obtener biocombustibles son cereales, jugo caña de azúcar y semillas oleaginosas (biocombustibles de primera generación). También se obtiene biocombustibles a partir de subproductos lignocelulósicos de cultivo de alimentos como la paja de cereales, bagazo de caña de azúcar, residuos forestales, así como a partir de residuos orgánicos municipales, cultivos de ciclo corto y otros de interés energético. Los combustibles obtenidos a partir de subproductos como los mencionados anteriormente, y que no son empleados en alimentación animal o humana, se les ha denominado combustibles de segunda generación (Sims y col., 2010; Mohr y Raman, 2013).

En Ecuador, al igual que otros países de América Latina, se ha considerado la incorporación de biocombustibles como fuente alternativa de energía para el sector transporte, incorporando un 5% de bioetanol en la gasolina y 10% de biodiesel en el diésel que se utilizan en el país (IPEI, 2013). Para alcanzar estos porcentajes se requiere elevar considerablemente en el país la producción tanto de bioetanol como de biodiesel. Esto hace

necesario avanzar en el desarrollo de cultivos alternativos a la caña de azúcar para producción de etanol con fines carburantes (Gomelski y col., 2011).

La provincia de Chimborazo es una provincia predominantemente agrícola, pasó de producir 44.093 toneladas de papa en el 2015 a 113.588 toneladas en el 2016 (MAGAP, 2016), generando una sobreproducción del rubro que afecta directamente los precios de comercialización, los cuales han caído de 20 USD a 10 USD el quintal (100 libras), amenazando la sostenibilidad del cultivo de la papa en la provincia.

Siendo la papa un tubérculo con alto contenido de almidón, y que este a su vez puede convertirse en etanol mediante un proceso de hidrólisis-fermentación, se propone evaluar las perspectivas de la provincia del Chimborazo para la obtención de bioetanol a partir de la papa con la finalidad de contribuir, en primer lugar con la sostenibilidad del cultivo como actividad comercial en la provincia, y en segundo lugar con el objetivo del país de alcanzar el 5% de bioetanol en la gasolina que se utiliza en todo el territorio.

2. BIOCOMBUSTIBLES EN ECUADOR

En Ecuador se ha planteado desarrollar el sector de los biocombustibles sobre tres premisas: seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental e inclusión productiva (Andes, 2013). El interés del gobierno en esta materia quedó plasmado en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 que entre sus objetivos plantea: “Aprovechar los procesos de bio-digestión e impulsar la producción de etanol a partir de subproductos agrícolas, y la producción de biodiesel a partir de micro algas y piñón” (PNBV, 2013). Para fomentar la inversión en biocombustibles se establecieron varios incentivos entre los que destacan deducciones adicionales al cálculo del impuesto sobre la renta, exoneración de impuestos a la salida de divisas en los casos de financiamiento proveniente del exterior, exoneración del pago de anticipo al impuesto sobre la renta durante los primeros cinco años, entre otros.

En el año 2010 se puso en marcha un plan piloto llamado Ecopaís, en este se contempló la obtención de una mezcla de gasolina con 5% de bioetanol. Este plan demostró su viabilidad en cuanto a la existencia del mercado y la aceptación del producto, pero en principio tuvo limitaciones para reemplazar toda la gasolina extra de Guayaquil debido a la falta de producción de etanol en el país (Gomelski y col., 2011). Este proyecto le ha dado al país múltiples beneficios, tanto económicos como sociales y ambientales:

- Reduce salida de divisas al disminuir las cantidades que se deben importar de nafta de alto octanaje (EPP, 2017). En los primeros tres años del proyecto Ecopaís se

distribuyeron 120 millones de galones de gasolina con 5% de etanol, generando un ahorro neto en divisas al país de 14 millones de dólares (Andes, 2013). La meta para el 2017 es ahorrar por este concepto 286 millones de dólares.

- Permite ahorrar por conceptos de subsidios 2,2 millones de dólares.
- Fomenta empleos en el área agrícola e industrial.
- Reduce de 476 mil TM en emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo que equivale a que dejara de circular por un año el parque automotor de Portoviejo, 3ra ciudad en población de Ecuador (MCPEC, s.f.).

En Ecuador, el etanol empleado en la gasolina se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar. Para el 2014 la producción de etanol en Ecuador era de 40 millones de litros al año, la meta para alcanzar el porcentaje establecido es de 400 millones de litros al año. Se esperaba que para el 2016 ya todos los vehículos que circulaban en Ecuador se surtieran con gasolina Ecopaís (La Nación, 2014) pero no se logró, y se esperaba entonces que se alcanzaría en el 2017 (El Mercurio, 2015), pero a la fecha la gasolina Ecopaís es comercializada solo en ocho provincias del país: Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Loja, Zamora y El Oro. Para cubrir el resto del territorio es necesario aumentar la producción de bioetanol en el país (EPP, 2017) y la capacidad instalada para el procesamiento de esta. En relación a la producción de materia prima, se requiere incrementar también la extensión sembradas de caña de azúcar u otros cultivos a partir de los cuales se pueda obtener bioetanol (IPEI, 2013).

2.1. PRODUCCIÓN Y MERCADEO DE BIOETANOL EN ECUADOR

En la sierra central ecuatoriana se produce alcohol artesanal a partir del jugo de la caña de azúcar, parte del alcohol producido es utilizado en el proyecto Ecopaís. A través del Ministerio de Industrias y Productividad, institución que preside desde el 2009 el Consejo Nacional de Biocombustibles, se convoca a proveedores de alcohol artesanal de la sierra anualmente a participar en procesos licitatorios para la adquisición de alcohol artesanal, de esta manera se asignan cupos de volumen que las cuatro empresas alcoholeras (PRODUCARGO, S. A., CODANA, S. A., SODERAL, S. A. y CADO) le compran a las nueve asociaciones de productores artesanales de alcohol de las provincias de Pichincha, Bolívar, Cotopaxi y Cañar, estas últimas alcanzaron proveer desde enero 2016 y durante 14 meses, 1.732.387 litros de alcohol artesanal de 60% v/v. La meta para el 2017 es llegar a 6 millones de litros de alcohol artesanal. En la tabla 1 se muestran las asociaciones artesanales por

provincia, el número de socios que las conforman y los litros de alcohol que a cada una de ellas se les asignó (MCPEC, s.f.). En esta tabla se puede ver que de esta actividad se benefician de forma directa al menos 644 personas, y que solo el 35% del etanol producido por estas asociaciones es destinado al proyecto Ecopaís, con estos se evita poner en riesgo la seguridad alimentaria del país.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PROVINCIA CHIMBORAZO

La provincia de Chimborazo se encuentra ubicada en la sierra central del Ecuador, tiene una extensión de aproximadamente 5 278 Km², representando el 2% del territorio nacional. Esta es una provincia predominantemente rural, el 61% de sus habitantes vive en áreas rurales, según el censo poblacional de 2001, de la población económicamente activa de la provincia, casi la mitad se ubica zonas rurales (49,7%). La agricultura generó 94 millones de dólares para el año 2007, siendo la tercera actividad económica más importante en la provincia, antecedida por el comercio y la industria manufacturera. En el Chimborazo existen 81 668 productores empleando 471 mil hectáreas para la agricultura, esto representa un 89,23% de su extensión territorial. Entre los rubros que se cultivan se encuentran la papa, el maíz, la cebada, el trigo y la quinua (MCPEC, 2011). En lo que respecta a la producción pecuaria, predomina la ganadería bovina criolla de doble propósito. Se estima que en el 2008 la producción lechera en la provincia fue de 130 000 litros de leche diarios.

En la tabla 2 se muestran la producción de los diferentes rubros agrícola de la provincia Chimborazo durante el año 2016, ordenados de mayor a menor producción, y en la que destaca la papa como el rubro con mayor producción en la provincia.

En el ámbito social, el 54% de la población provincial está por debajo de la línea de pobreza, con ingresos menores al costo mínimo de la canasta de bienes y servicios, mientras que el 29% está por debajo de la línea de pobreza extrema, con ingresos menores al costo mínimo de una canasta básica alimenticia. El desempleo se situó en 1,6%, lo cual es bajo en relación a otras provincias de la sierra. Aun con este nivel de desempleo, se hace necesario diversificar la economía a través de actividades productivas que permitan generar fuentes de empleo y elevar el nivel de ingreso de la población de la provincia.

Tabla 1. Distribución del cupo Ecopaís entre las diferentes asociaciones artesanales proveedoras de alcohol obtenido a partir del jugo de la caña de azúcar, ubicadas en las provincias de Cotopaxi, Bolívar, Pichincha y Cañar

PROVINCIA	ASOCIACIÓN ARTESANAL	No. DE SOCIOS	PRODUCCIÓN MENSUAL DE ALCOHOL ARTESANAL (L)	CUPO ECOPAIS (14 MESES)(L)	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN DESTINADA A ECOPAIS	EMPRESA ALCOHOLERA
COTOPAXI	Asociación Comunitaria Agroindustrial Agua Santa "ASOGRAS"	96	45.000	240.128	38,11%	SODERAL S.A.
	Asociación de Productoras de la Caña de Azúcar y sus Derivados del Cantón Pangua	180	85.450	234.000 147.636	31,90%	PRODUCARGO S. A. CADO
	Asociación Artesanal Alambiques Nacionales	55	33.160	160.000	34,46%	CODANA S.A.
	Asociación de Productores Agropecuarios Esperanza 2000	80	13.140	112.245	61,01%	PRODUCARGO S.A.
	SUBTOTAL	411	176.750	894.009 (51,61%)		
BOLÍVAR	Asociación de Cañicultores de la Parroquia Facundo Vela	93	40.000	240.128	42,88%	SODERAL S.A.
	Asociación de Desarrollo Social Integral Nuevo Progreso de Jilimbí	36	21.042	160.000	54,31%	CODANA S.A.
	SUBTOTAL	129	61.042	400.128 (23,10%)		
PICHINCHA	Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Luz del Meridiano	7	20.000	118.250	42,23%	CODANA S.A.
	Asociación de Producción Industrial La Molienda "ASOPROIMO"	22	20.450	160.000	55,88%	CODANA S.A.
	SUBTOTAL	29	40.450	278.250 (16,06%)		
CAÑAR	Asociación de Productores de Aguardiente de la Zona Baja del Cañar	75	71.250	160.000	16,04%	PRODUCARGO S.A.
	SUBTOTAL	75	71.250	160.000 (9,24%)		
	TOTAL	644	349.492	1.732.387 (100%)		

Fuente: (MCPEC, s.f.). L=litros.

Tabla 2. Producción agrícola de la provincia de Chimborazo en el año 2016.

Cultivo	Producción (ton)
Papa (tubérculo fresco)	113.588
Cebada (grano seco)	9.010
Brócoli (repollo)	6.373
Banano (fruta fresca)	5.308
Fréjol tierno (en vaina)	5.259
Maíz suave choclo (en choclo)	5.218
Haba tierna (en vaina)	4.588
Maíz suave seco (grano seco)	4.388
Tomate riñón (fruta fresca)	4.106
Trigo (grano seco)	2.804
Arveja tierna (en vaina)	994
Fréjol seco (grano seco)	489
Cacao (almendra seca)	272
Haba seca (grano seco)	225
Tomate de árbol (fruta fresca)	107
Maíz duro choclo (en choclo)	96
Arveja seca (grano seco)	91

Fuente: MAGAP, 2016.

2.3. ETANOL A PARTIR DE LA PAPA

En la figura 1 se muestra el esquema de reacción a partir del cual se obtiene el etanol a partir de la papa, este se lleva en dos etapas, una hidrólisis del almidón seguida de la fermentación de los azúcares producidos en la hidrólisis.

El interés por la producción de etanol a partir de la papa es mundial, son innumerables las investigaciones que se han realizado con el objetivo de optimizar las variables del cultivo y de las reacciones de hidrólisis y fermentación, con la finalidad de maximizar la producción de etanol al menor costo posible, con esta idea se han llevado a cabo investigaciones cuyo objetivo ha sido aumentar la producción de etanol evaluando aspectos como tiempo pos

cosecha de la papa para su procesamiento y el método de calentamiento empleado en las reacciones (convencional y microondas), así como los costos asociados a estos métodos de calentamiento, obteniendo los mayores valores de conversión a etanol a los 25 días después de la cosecha. En relación al método de calentamiento se obtuvo que con el método convencional la conversión fue 9% más alta (Schweinberger y col., 2016).

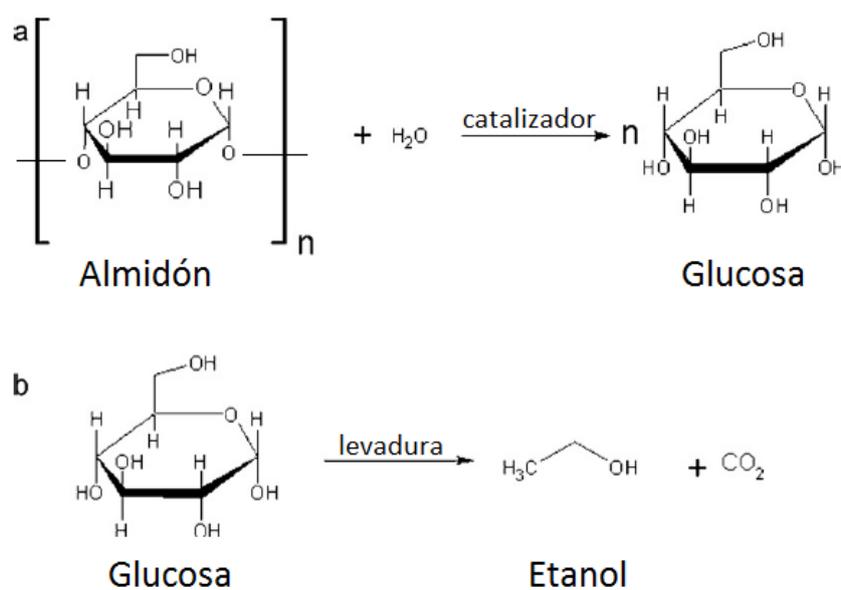


Figura 1. Esquema de reacción para la obtención de etanol a partir de la papa. (a) hidrólisis del almidón. (b) fermentación de la glucosa (Tasic & Veljkovic, 2011).

En la evaluación de co-cultivos de la *trichoderma sp* con *Saccharomyces cerevisiae* en relación 1:4 para la producción de bioetanol a partir de la papa mediante una extracción en fase sólida, se obtuvo un máximo en la producción de etanol a las 72 horas de 172 g por cada kilogramo de sustrato (Swain y col., 2013).

También se han llevado a cabo estudios sobre efectos combinados de concentración de enzima y sustrato en dos variedades de papas colombianas (Parda Pastusa y Tuquerreña), encontrando que el efecto combinado entre las concentraciones de la enzima α -amilasa y el sustrato, se ve favorecidas al utilizar los valores de 0,336 mL kg⁻¹ sustrato y 42,2% respectivamente, alcanzado una producción de alcohol de 8,51% v/v (Lizarazo y col., 2015).

Con la utilización de *Zymomonas mobilis* para la etapa de la fermentación se ha llegado a obtener 14,4 g de etanol por cada 100 g de papa fresca, dando un rendimiento del 87,2% (Zhang y col., 2013).

Un aspecto importante en la producción de etanol a partir de la papa es que esta no solo limita al procesamiento del tubérculo, sino también el procesamiento de subproductos o residuos del rubro, debido a que estos últimos presentan similares niveles de almidón, en este sentido se han llevado cabo estudios sobre el procesamiento de residuos de almidón de papa provenientes del proceso de fabricación de papas fritas, alcanzando la hidrólisis completa del almidón con 1% de H₂SO₄ a 100 °C por una hora. De la evaluación de dos cepas *Saccharomyces cerevisiae* en este proceso, fue la *S. cerevisiae y-1646* la que permitió obtener los mayores valores de producción de etanol, 5,52 g L⁻¹ (Hashem & Darwish, 2010).

En la búsqueda de aumentar producción y reducir costos, se evaluó la utilización de residuos de la industria de la papa y se sustituyó el uso de enzimas por una hidrólisis-fermentación simultánea con *Aspergillus niger* y *Saccharomyces cerevisiae*, obteniendo en condiciones óptimas 0,41 gramos de etanol por gramo de almidón (Izmirlioglu y Demirci, 2017).

Uno de los residuos de la papa sobre los que se tiene especial interés para la obtención de etanol es la concha del tubérculo, es por ello que se han desarrollado estudios para la obtención de etanol a partir de la concha mediante hidrólisis con una combinación de tres enzimas, obteniendo una producción de 7,58 g L⁻¹ de etanol, con un rendimiento de 91,6% (Arapoglou y col., 2010). En otras investigaciones en la que se han sustituido enzimas comerciales por otras preparadas in-situ, se ha llegado a obtener una producción de etanol de 21 g L⁻¹ a partir del procesamiento de la concha (Khawla y col., 2014).

Se hace evidente la importancia de la investigación en la búsqueda de condiciones que permitan maximizar la producción de etanol evaluando las diferentes variables que influyen en el proceso, en las que se incluyen variedad de la papa, tiempo de cosecha, tipo y concentración de catalizador y levadura en la hidrólisis y fermentación, respectivamente.

2.4. PRODUCCIÓN DE PAPA EN CHIMBORAZO

Registros oficiales indican que la provincia de Chimborazo es la que posee la mayor extensión de tierra dedicada al cultivo de la papa en Ecuador con 8.852 hectáreas sembradas, con una producción durante 2016 de 113.588 toneladas, lo que representa el 26,87% de la producción nacional, ubicando a la provincia en segundo lugar en producción nacional, después de la provincia de Carchi, esto debido a que el rendimiento de producción de papa en Chimborazo fue de 15,3 toneladas por hectárea, mientras que en la provincia Carchi fue de 21,1 toneladas por hectárea (MAGAP, 2016). En el año 2016 la

producción de papa fue más del doble a la generada en 2015, esto produjo que el precio del rubro pasara de 20 USD a 10 USD el quintal, ocasionando una reducción significativa en los ingresos de los productores de la región, generando la necesidad de diversificar los usos de este rubro y con ello evitar el desplome en los precios que se presentan cuando existe una sobreoferta del producto.

Entre los factores que favorecen la producción de papa en Chimborazo están: población económicamente activa dedicada principalmente a la producción agropecuaria, existencia de organizaciones sociales productivas cohesionadas y una academia comprometida con la transformación de la matriz productiva (Senplades, 2015).

A partir de una encuesta de manufactura realizada en Chimborazo en 2007 se estableció que de las 10 actividades comerciales con mayor potencial a desarrollar en la provincia, la obtención de etanol a partir de la papa ocupaba el primer lugar en base a la facturación regional estimada (MCPEC, 2011).

Según reportes oficiales, en el Chimborazo se cultivan al menos 10 variedades de papa. Entre las variedades mejoradas se encuentran: cecilia, yana shung y victoria, y entre las nativas se encuentran: leona negra y chaucha colorada, entre otras, con niveles de almidón variables, entre 14 y 22% en tubérculo fresco (Torres y col., 2011). A partir de estos niveles de almidón se puede determinar que para la obtención de 160.000 litros de etanol anuales con una pureza de 60% v/v, cantidad de etanol similar a la aportada por la provincia Cañar al proyecto Ecopaís, con una conversión de 0,41 gramos de etanol por cada gramo de almidón procesado (Izmirlioglu y Demirci, 2017), se requerirían aproximadamente 1.300 toneladas de papa, lo que representa apenas un 1,14% de la producción de papa de la provincia. Cabe resaltar que este volumen de producción de etanol en la provincia también se podría lograr a partir de la concha proveniente del procesamiento de 8.666 toneladas de papa, debido a que los residuos generados a partir del retiro de la concha del tubérculo están entre el 15 y el 40% del material procesado, dependiendo de la técnica aplicada, como abrasión o vapor, entre otras (Schieber y col., 2001), lo que hace ventajoso este proceso en comparación con la obtención de etanol a partir de otros cultivos.

2.5. SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Son varios los factores que se debe tomar en cuenta para garantizar la sustentabilidad de esta actividad comercial, a continuación, presentamos de estos factores, los principales:

2.5.1. Costos de producción y cadena de precios

En el caso de los biocombustibles, los costos de producción varían entre países y/o regiones debido a factores agroclimáticos, la disponibilidad de tierras y el costo de la mano de obra, que a su vez inciden en el tipo de cultivos empleados como materia prima, factor que determina la tecnología de transformación. Los precios de la materia prima para la destilación deben permitir generar un margen que resulte en una rentabilidad apropiada para el productor agrícola. A su vez el precio mayorista del etanol debe producir también un margen para la destilería. Al final de esta cadena de costos y precios, el producto debe llegar al punto de mezcla y distribución con un precio compatible con las referencias de mercado para evitar sobrecostos al consumidor final o aumentos de los subsidios del Estado mientras estos se mantengan (Gomelski y col., 2011).

En estudios realizados en Colombia se ha determinado que la producción de alcohol a partir de la papa genera margen de utilidad mayor que el obtenido de la comercialización directa de la papa (Lizarazo y col., 2015). Estos aspectos, aun cuando garantizan la viabilidad económica de esta actividad, se deben vigilar y controlar para que no afecten la seguridad alimentaria. Una ventaja que presenta la obtención de bioetanol a partir de la papa desde el punto de vista económico es que se pueden procesar productos que no cumplan con las especificaciones de mercado para su comercialización o subproductos como la concha, logrando con ello darle un valor comercial a un material que no tiene. En Canadá, por ejemplo, en la región de New Brunswick, del procesamiento de 44 000 toneladas de desecho de plantas procesadoras de papa se producen entre 4 y 5 millones de litros de etanol al año (IYP, 2008).

2.5.2. Soberanía Alimentaria

Debido a que el principal uso de la papa es como fuente de alimento, previo a la explotación de este rubro para la obtención de bioetanol se debe hacer un reconocimiento del derecho que tienen los pueblos para controlar su sistema agroalimentario y sus factores de producción, logrando que estos se desarrollen de forma autónoma y equitativa, garantizando la provisión permanente de alimentos sanos, nutritivos, suficientes y culturalmente apropiados a la población (Senplades, 2015), buscando un equilibrio entre la producción de alimentos y la producción de bioetanol. Existen países en los que la producción de azúcar y etanol coexisten de forma equilibrada, generando un mercado complementario y optimizando la rentabilidad a los productores. Ejemplo de ello son el sector azucarero de Brasil y Colombia. De hecho, no se han evidenciado conflictos entre

la producción de alimentos y la producción de energía en los países de América Latina y el Caribe, tal como se expresó en las conclusiones del III Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles realizado en República Dominicana en 2008 (Gomelski y col., 2011). En Ecuador, el bioetanol destinado al proyecto Ecopaís se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar. Esto no ha afectado la soberanía alimentaria del país, específicamente en lo concerniente a los niveles de producción y precios de los principales productos alimenticios obtenidos a partir del jugo de la caña: panela, aguardiente y azúcar, en parte debido a que solo un porcentaje del etanol producido (35%) se destina al proyecto Ecopaís.

En el caso de la papa, la amenaza a la seguridad alimentaria es menor, ya que para la producción de bioetanol se pueden utilizar subproductos del rubro como la concha o productos fuera de especificación (Izmirlioglu y Demirci, 2017).

2.5.3. Investigación y desarrollo en biocombustibles

En Ecuador se hace necesario fomentar la investigación y desarrollo sobre otros cultivos para fines energéticos, así como elevar la producción de estos cultivos en distintas regiones del país, aumentando con ello el nivel de empleo (Gomelski y col., 2011). Para desarrollar investigación en la provincia Chimborazo se cuenta con dos de las más grandes universidades del país, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), las cuales ya han desarrollado proyectos de investigación relacionados con biocombustibles. Es de vital importancia incorporar a estas instituciones en los planes de desarrollo de la provincia en materia de biocombustibles, ya que con su aporte en investigación se podrán alcanzar altos niveles de eficiencia que hagan la actividad sostenible en todas sus etapas, desde el cultivo de materia prima para elevar el rendimiento a los niveles alcanzados en otras provincias, así como el estudio de todas las variables que influyen en las reacciones de hidrólisis-fermentación con la finalidad de lograr la mayor conversión a etanol, hasta la evaluación de nuevas mezclas de biocombustibles en vehículos.

3. CONCLUSIONES

La potencialidad de la producción de bioetanol a partir de la papa en Chimborazo se sustenta en la necesidad de encontrar usos alternativos a la sobreproducción del rubro, a la vocación agrícola de la provincia, la necesidad del país de aumentar la producción de biocombustibles, en contar con instituciones académicas prestas a desarrollar proyectos de

investigaciones en el área, en la necesidad de dar valor comercial a subproductos o residuos del cultivo, en generar nuevas fuentes de empleo a partir de la instalación de plantas procesadoras para la obtención de alcohol, entre otros aspectos.

4. AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa colaboración a las siguientes instituciones: MAGAP – Coordinación zonal 3 (Riobamba), CONPAPA – Sede Riobamba y al Centro Internacional de la Papa (CIP) – Sede Quito.

5. REFERENCIAS

- Andes (22 de septiembre de 2013). Ecuador ampliará la producción de biocombustibles hasta el 2020. Recuperado de: <http://www.andes.info.ec/es/economia/ecuador-ampliara-produccion-biocombustibles-hasta-2020.html>
- Arapoglou D., Varzakas Th., Vlyssides A. Israilides C. (2010) Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*. 30:1898–1902.
- El Mercurio (20 de febrero de 2015). En 2017 se comercializaría gasolina “Ecopaís” a nivel nacional. Recuperado de: <http://www.elmercurio.com.ec/468574-en-2017-se-comercializaria-gasolina-ecopais-a-nivel-nacional/>.
- EPP (21 de febrero de 2017). EP Petroecuador inicia despacho de gasolina Ecopaís en Esmeraldas. Recuperado de: <http://www.eppetroecuador.ec/?p=3494>.
- Gomelski, R., Chilibingua, B., Figueroa, F. (2011). Política Nacional de Biocombustibles en Ecuador. USAID. Ecuador. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw724.pdf.
- Hashem M. & Darwish S (2010). Production of bioethanol and associated by-products from potato starch residue stream by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomass and Bioenergy*. 34(7):953-959.
- IPEI. (2013). Biocombustibles. Recuperado de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de-Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf>.
- IYP. (2008). International year of the potato. Utilization: Uses of potato. Recuperado de: <http://www.potato2008.org/en/potato/utilization.html>.
- Izmirlioglu G., Demirci A. (2017). Simultaneous saccharification and fermentation of ethanol from potato waste by co-cultures of *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* in biofilm reactors. *Fuel* 202:260–270.
- Khawla B. J., Sameh M., Imen G., Donyes F., Dhouha G., Raoudha E. G., Oumema N. E. (2014). Potato peel as feedstock for bioethanol production: A comparison of acidic and enzymatic hydrolysis. *Industrial Crops and Products*. 52:144–149.
- Khoshsima A., Brock D., Touraud D., Kunz W. (2017). Pre-formulation of biofuels: Kinematic viscosities, low-temperature phase behaviour and nanostructuring of ethanol/“ethanolotrope”/rapeseed oil mixtures. *Fuel* 191:212–220.

- La Nación (29 de septiembre de 2014). Ecopaís pondrá a rodar todos los carros en Ecuador en el 2016. Recuperado de: <http://lanacion.com.ec/ecopais-pondra-a-rodar-todos-los-carros-en-ecuador-en-el-2016/>.
- Lizarazo H., Hurtado R., Rodríguez C. (2015). Análisis técnico económico de la producción de bioetanol a partir de papa a nivel de laboratorio en Boyacá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 9(1): 97-111.
- MAGAP (2016). Superficie, Producción y Rendimiento. Período 2002 – 2016 (INEC - ESPAC). Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/reportes-dinamicos-espac>.
- Mansouri A., Rihani R., Laoufi A. N., Özkan M. (2016). Production of bioethanol from a mixture of agricultural feedstocks: Biofuels characterization *Fuel* 185:612–621.
- MCPEC (2011). Agendas para la Transformación Productiva Territorial: Provincia de Chimborazo. Recuperado de: [www.produccion.gob.ec/wp.../02/AGENDA-TERRITORIAL-CHIMBORAZO.pdf](http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-PROYECTO-ECOPA%3%8DS-01-03-16-1.pdf).
- MCPEC (s.f.). PROYECTO ECOPAÍS. Recuperado de: <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-PROYECTO-ECOPA%3%8DS-01-03-16-1.pdf>.
- Mohr A., Raman S. (2013) Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. *Energy Policy* 63:114–122.
- Pacini H., Assunção L., Damc J., Toneto R. (2013). The price for biofuels sustainability. *Energy Policy* 59:898–903.
- Período 2002 – 2016 (INEC - ESPAC). Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/reportes-dinamicos-espac>.
- Plan Nacional del Buen Vivir. (2013). Recuperado de: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf.
- Schieber A., Stintzing F.C., Carle R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. *Trends in Food Science & Technology* 12:401–413.
- Schweinberger, C. M., Putti, T. R., Susin, G. B., Trierweiler, J. O. and Trierweiler, L. F. (2016). Ethanol production from sweet potato: The effect of ripening, comparison of two heating methods, and cost analysis. *Can. J. Chem. Eng.*, 94: 716–724.
- Senplades (2015). Agenda Zonal ZONA 3-Centro. Provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza 2013 – 2017. Recuperado de: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-3.pdf>.
- Sims R. E. H., Mabee W., Saddler J. N., Taylor M. (2010). An overview of second generation biofuel technologies *Bioresource Technology* 101:1570–1580.
- Swain M. R., Mishra J., Thatoi H. (2013). Bioethanol Production from Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Flour using Co-Culture of *Trichoderma* sp. and *Saccharomyces cerevisiae* in Solid-State Fermentation. *Brazilian archives of Biology and technology*. 56(2): 171-179
- Tasic M., Veljkovic V. (2011) Simulation of fuel ethanol production from potato tubers. *Computers and Chemical Engineering*. 35:2284– 2293.
- Torres L., Cuesta X., Monteros C., Rivadeneira J. (2011) Variedades. Recuperado de: <https://cipotato.org/es/cip-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades/>.

Potencialidad de la provincia de Chimborazo para la producción de bioetanol a partir de la papa

Zhang P., Chen C., Shen Y., Ding T., Ma D., Hua Z., Sun D. (2013). Starch saccharification and fermentation of uncooked sweet potato roots for fuel ethanol production. *Bioresource Technology* 128:835–838.