

# Determinación de los indicadores de ecoeficiencia para el uso de los recursos, en la planta de producción de la industria caucana de alimentos a base de Quinoa - Funprodesic

Determination of eco-efficiency indicators for use of resources in the production plant food industry caucana based Quinoa – Funprodesic

COLCIENCIAS TIPO 1. ARTÍCULO ORIGINAL

RECIBIDO: AGOSTO 9, 2013; ACEPTADO: SEPTIEMBRE 20, 2013

Edwin Fernando Muñoz Certuche  
[edwfern@hotmail.com](mailto:edwfern@hotmail.com)

Néstor Raúl Basto Trochez  
[nestrau@hotmail.com](mailto:nestrau@hotmail.com)

Luis Antonio González Escobar  
[lage49@yahoo.es](mailto:lage49@yahoo.es)

Universidad Santiago de Cali

## Resumen

El artículo presenta los resultados del trabajo de investigación realizado en la industria de alimentos a base de quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*) Funprodesic (Popayán, Colombia), el cual consistió en determinar los indicadores de ecoeficiencia dentro de su proceso de producción; para este trabajo se conformó un Comité de Ecoeficiencia, integrado por un equipo multidisciplinario dentro de la empresa; se analizaron varios métodos para determinar dichos indicadores y su fácil aplicabilidad al proceso productivo de la empresa; una vez calculados los indicadores de ecoeficiencia, se consideraron algunas modificaciones al proceso productivo de la empresa –que incluyeron la compra de equipos industriales modernos, como alternativa para la disminución de los valores de los indicadores de ecoeficiencia y los altos costos asociados con el tratamiento tradicional del grano de quinoa por vía húmeda–, lo que permitirá a la empresa una separación más eficiente de las saponinas contaminantes y su uso con rentabilidad y sin contaminar el medio ambiente, obteniendo así un proceso de producción más ecoeficiente y rentable.

## Palabras Clave

Ecoeficiencia; indicadores de ecoeficiencia; grano de quinoa; saponinas; desaponificación.

## Abstract

This article contains the results of research work done in the food industry Cauca from quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*) - Funprodesic, City of Popayan (Cauca), which consisted of determining the eco-efficiency indicators within your process of production for this work was formed a committee of eco-efficiency, composed of a multidisciplinary team within the company, which analyzed various methods to determine these indicators and its easy applicability to the production process of the company, once calculated Eco-efficiency indicators, were considered some modifications to the production process of the company, which included the purchase of modern industrial equipment as an alternative to decreasing values of Eco-efficiency indicators and high costs associated with traditional treatment quinoa grain wet, it that will allow the company more efficient separation of saponins contaminants and profitable use them without polluting the environment, making the production process of the company in more eco-efficient and more profitable.

## Keywords

Eco-efficiency; eco-efficiency indicators; grain quinoa; saponins; desaponification.

## I. INTRODUCCIÓN

La Industria Caucana de Alimentos a base de Quinua, Funprodesic, fue constituida para apoyar a los cultivadores del grano de Quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*) del departamento del Cauca, y así garantizar la comercialización de sus productos a través de la elaboración y venta de una gran variedad de productos alimenticios y nutritivos a base de Quinua.

En algunos municipios predominan variedades de quinua con sabor amargo (por la presencia de saponinas); para eliminarlo, el grano se debe someter a lavados con abundante agua, lo que demanda tiempo y trabajo (Cerón, 2000). Por lo anterior, el grano de quinua, previo a su entrada al proceso de producción de la empresa, debe ser tratado para la eliminación de impurezas y saponinas; esta eliminación se hace por medio de lavados manuales, es decir por vía húmeda; los lavados se realizan mediante cambios sucesivos del agua y por la fricción de los granos de quinua entre sí –con las manos– hasta eliminar las capas superficiales de los granos y con ellas las saponinas en forma de espuma. Esta labor, además de ser tediosa, demanda un proceso de secado adicional, para evitar la proliferación de mohos, bacterias y otros microorganismos en el grano húmedo (Cerón, 2001).

Las directivas de la empresa, al observar que su proceso de producción genera leves impactos ambientales –alto consumo de agua para el lavado del grano de quinua; alto consumos de energía y combustible para su posterior secado; emisiones de material particulado (polvo); y efluentes contaminados con saponinas generados en el desaponificado– se trazó como objetivo primordial determinar los indicadores de ecoeficiencia más importantes, con sus valores estandarizados, para posteriormente utilizarlos como parámetros de comparación y control de su proceso productivo y así contribuir con la reducción del deterioro ambiental que este generaba; para ello se realizó el trabajo de investigación que da origen a este artículo, encaminado a determinar los indicadores de ecoeficiencia mas importantes para evaluar y medir el grado de eficiencia medioambiental del proceso productivo actual de la empresa e identificar las posibles medidas para mejorar este comportamiento.

El trabajo de investigación se enfocó en determinar los indicadores de ecoeficiencia, por su importancia para determinar las variables que se requieren evaluar y

modificar dentro del proceso productivo de la empresa. Además, permite acopiar la información necesaria para la toma de decisiones. De modo complementario, a través de estos indicadores de ecoeficiencia los encargados del control del proceso productivo recogen toda la información suficiente y oportuna para evaluar la eficiencia, los avances y los logros de los programas implementados por la empresa para la disminución de las cantidades de recursos utilizados, para así lograr una reducción significativa en la contaminación de sus efluentes y así convertir al proceso productivo de la empresa en más ecoeficiente y más rentable (Kuhndt, 2005).

## II. MÉTODO

El trabajo de investigación desarrollado se clasifica según su propósito como un estudio descriptivo, aplicado, de campo y evaluativo (Gallardo & Moreno, 1999). La metodología usada en la determinación de los indicadores de ecoeficiencia comprendió las siguientes etapas:

### *A. Elaboración de un estudio de la línea de producción y sus puntos críticos de afectación al ambiente*

Para determinar los indicadores de ecoeficiencia en la empresa es conveniente realizar un diagnóstico inicial de las líneas de producción y sus puntos críticos de afectación ambiental, para así identificar y seleccionar la etapa del proceso donde se generen más pérdidas. Para esto hay que caracterizar todas las etapas del proceso productivo, ya que ello permitirá tanto el control específico de cada una de las etapas en todo momento, como administrar los recursos necesarios para prevenir gastos innecesarios de recursos.

Esta actividad se realiza en conjunto con un grupo interdisciplinario dentro de la empresa denominado Comité de Ecoeficiencia.

### *B. Cálculo de la actual eficiencia energética, el uso de agua, la contaminación ambiental generada por vertimientos del proceso productivo*

Una vez realizado el estudio de las líneas de producción y seleccionadas las etapas críticas dentro del proceso productivo, es necesario determinar el uso eficiente de los recursos utilizados en el proceso productivo; para ello, se realizó una evaluación de los consumos, los derroches y las pérdidas, con la ayuda de los indicadores de ecoeficiencia mas importantes, por ser ellos herramientas claves para el seguimiento y control.

Una vez definidos los indicadores de ecoeficiencia a evaluar, se procedió a determinar las cantidades de consumo, su unidad de consumo o generación y su respectiva fuente o soporte de consumo, para así realizar los constantes seguimientos del comportamiento ambiental en el proceso agroindustrial de la empresa y poder aplicar, posteriormente, las medidas correctivas correspondientes (Zabaleta, 1993).

#### *C. Planificación de las acciones necesarias para la reducción y aprovechamiento integral de las materias primas, de energía, de agua, de sub-productos y residuos en la planta de producción*

Una vez evaluados los indicadores de ecoeficiencia en el proceso productivo, se procedió con el Comité de Ecoeficiencia a planificar las acciones necesarias para la reducción y el aprovechamiento integral de las materias primas, la energía, el agua, los sub-productos y los residuos, ya que con su uso eficiente se reducirá significativamente el costo de producción.

Para fortalecer esta actividad se establecieron los parámetros de control de los indicadores de ecoeficiencia sobre los cuales se basan las mediciones, su evaluación y su control (Arboleda, 1998).

Conociendo los valores medios y óptimos de los indicadores de ecoeficiencia, se podrán realizar las mediciones de los mismos y así estudiar las posibilidades de mejora del proceso productivo para cumplir con los objetivos de ecoeficiencia (Icontec, 2008).

#### *D. Elaboración de un Manual de Indicadores de Ecoeficiencia como instrumento para la medición, monitoreo y control de los indicadores de ecoeficiencia, dentro del proceso productivo*

El propósito de la elaboración de este manual es establecer las acciones de monitoreo y control de los respectivos indicadores de ecoeficiencia, promover las actuaciones y procedimientos orientados a la ecoeficiencia dentro de la planta de producción y así, lograr un consumo más eficiente y racional de los recursos utilizados.

Una vez terminada esta actividad se procedió a realizar una reunión entre el equipo de trabajo de investigación y la junta directiva de Funprodesic, para dar un informe general y socializar el trabajo realizado, las recomendaciones, el Manual de Indicadores de Ecoeficiencia y su implementación en la planta de producción, haciendo énfasis en los beneficios para el mejoramiento del proceso productivo, la optimización del

uso del agua, la energía y el Combustible (Gas), y la utilización de todos los recursos de una forma racional y eficiente.

Posteriormente, se procede con el Comité de Ecoeficiencia a su respectiva implementación y a realizar la capacitación de los operarios, quienes serán los encargados de su toma, vigilancia y control, delegando funciones para el buen funcionamiento del proceso productivo e incorporar los controles propuestos como parte de los procedimientos del Manual de los Indicadores de Ecoeficiencia.

#### *E. Informe final y recomendaciones*

Se realizó un diagnóstico final con el fin de evaluar el avance y el cumplimiento del Sistema de Monitoreo y Control de los Indicadores de Ecoeficiencia. Se presentó un informe comparando los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial y final, se determinó el avance en la implementación, y se hicieron las recomendaciones necesarias para lograr el cumplimiento del objetivo general.

### **III. RESULTADOS**

#### *A. Elaboración de un estudio de la línea de producción y sus puntos críticos de afectación al ambiente*

La principal línea de producción de la empresa, sus etapas y puntos críticos, se describen a continuación:

*Área de recepción y de almacenamiento de materias primas.* En esta área, una vez recibido el grano de quinua, se realiza el pesaje para llevar los respectivos registros, luego se procede a la limpieza —en esta operación las impurezas de mayor tamaño (rama, piedras y restos de panojas) se retiran manualmente—, luego el grano se pasa por un tamiz, para remover las impurezas finas y los granos pequeños o partidos; el grano limpio se pesa nuevamente para determinar las mermas por limpieza a nivel industrial.

Luego se procede a realizar la clasificación respectiva, según las especificaciones de los clientes; los granos limpios y secos se empaican en sacos y se almacenan para su posterior comercialización o procesamiento (desaponificado, tostado o molienda).

*Área de Producción.* Es el área principal, en donde se lleva a cabo la transformación agroindustrial de la quinua. En esta área se lleva a cabo un continuo de operaciones, que van desde desaponificación hasta sellado, que se describen a continuación.

- *Desaponificación del grano de quinua.* Su objetivo es retirar las saponinas del grano de quinua; consiste en realizar lavados consecutivos del grano y remoción de la espuma que generan las saponinas. El grano lavado debe secarse para evitar ataques de microorganismos, fermentaciones, y germinaciones, que desmejoran la calidad del grano.

Posteriormente se seca de forma natural, extendiendo los granos de quinua sobre una superficie plástica, en capas muy finas, donde se expone al aire y al sol; los granos se deben remover frecuentemente para que la humedad final sea uniforme (alrededor de 12%); este proceso puede durar en promedio cuatro días.

Hay que tener en cuenta que la desaponificación del grano de quinua, al ser por vía húmeda, demanda grandes cantidades de agua, generando grandes volúmenes de efluentes contaminados con saponinas (Derpic, 1998); se evidencia que en Funprodesic no se realiza el tratamiento de las aguas contaminadas con las saponinas, sino que ellas se desechan directamente al sistema de alcantarillado urbano, porque la recuperación de saponinas por parte de la empresa no es económicamente viable, ni existe el interés correspondiente para mitigar su contaminación al medio ambiente.

- *Tostado.* Se realiza antes de la molienda y consiste en someter el grano a un calentamiento controlado para facilitar su molienda.
- *Molienda.* Consiste en la trituration del grano para obtener harinas finas de acuerdo con el molino y la malla que se emplee.
- *Mezcla de harinas, leche y saborizantes.* Se efectúa de acuerdo con la formulación; aquí, las materias primas se colocan en un recipiente grande y se mezclan, hasta obtener una apariencia semi-homogénea.
- *Homogenizado.* Consiste en la agitación constante mediante la cual se pretende la uniformidad general de la mezcla de las materias primas para obtener el producto formulado.
- *Empacado.* En esta operación los productos se empacan en bolsas de polietileno, en presentaciones de 450 y 1000 gramos.
- *Pesado.* Todos los productos a base de quinua que fueron procesados en la planta, se pesan para determinar mermas y sobrantes, también para

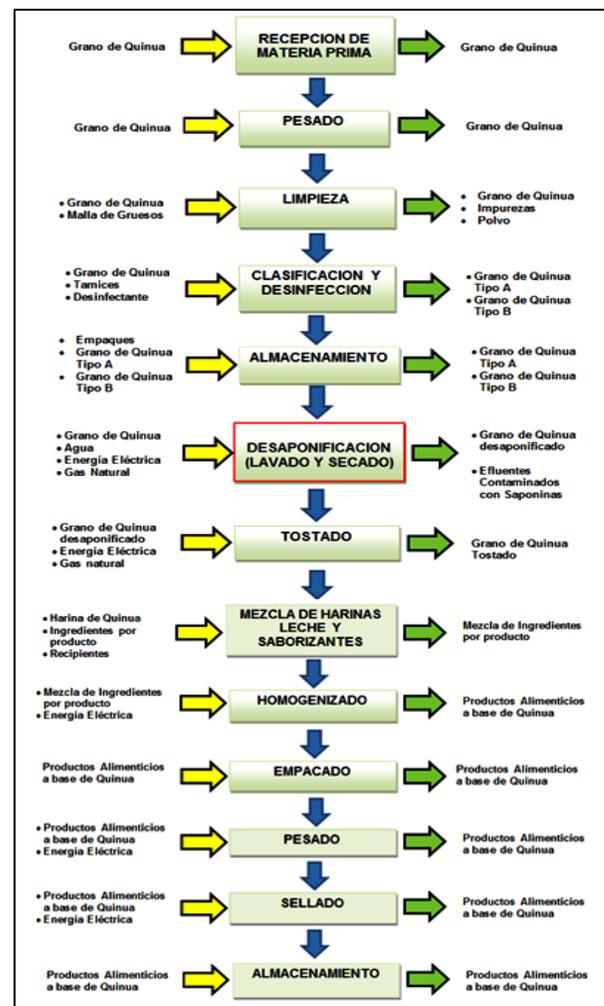
registrar los datos de peso y calcular los rendimientos.

- *Sellado.* Se realiza a través de una máquina de sellado por calor (termosellado).

*Almacenamiento.* El área de almacenamiento posee el ambiente adecuado para tal función, ya que cuenta con buena ventilación, tiene una humedad y temperatura adecuada, no hay presencia de ningún tipo de plagas y está libre de roedores; aquí, los productos terminados son colocados sobre estibas de madera para evitar el contacto con el piso, se separan por lotes, con sus respectivas fechas de producción, para su posterior distribución y comercialización.

Una vez realizada la descripción de la línea de producción, se procedió a realizar un diagrama de flujo detallado con las entradas y salidas de productos, y de recursos utilizados en cada etapa; se subrayó en rojo la etapa crítica dentro del proceso productivo (ver Figura 1).

Figura 1. Diagrama de la línea de producción



*B. Cálculo de la actual eficiencia energética, el uso de agua, la contaminación ambiental generada por vertimientos del proceso productivo*

Una vez detallado todo el proceso productivo de la empresa, determinando las entradas y las salidas en cada etapa, se procedió a calcular la actual eficiencia energética, el uso de agua y la contaminación generada por vertimientos en el proceso productivo; esta actividad se realizó con el fin de obtener un conjunto de datos primarios y realizar los controles necesarios.

Ya que cada empresa debe llevar un registro de indicadores que reflejen la medición en el uso e impacto de los recursos naturales utilizados en el desarrollo de su actividad económica, se procedió a determinar que indicadores de ecoeficiencia son los más importantes para ser evaluados en este proceso productivo. Estos indicadores son de gran utilidad porque cuantifican una medida abstracta, de tal forma que la información puede ser registrada, comunicada y analizada posteriormente (Alfonso, 2004).

Con el Comité de Ecoeficiencia, se seleccionaron los siguientes indicadores de Ecoeficiencia para su respectiva evaluación y control.

**Tabla 1. Indicadores de ecoeficiencia**

| Indicador                                | Unidad de medida / Tonelada de quinua procesada |
|--|---|
| Consumo de agua total                    | m <sup>3</sup>                                  |
| Cantidad de vertidos de aguas residuales | m <sup>3</sup>                                  |
| Consumo de energía eléctrica             | Kwh   |
| Consumo de combustible (gas natural)     | m <sup>3</sup>                                  |

La medición de los Indicadores de ecoeficiencia en el proceso productivo permite traducir el consumo de insumos a Kwh / hora, m<sup>3</sup> de gas/hora, cantidad de Agua/hora; con el fin de establecer las cantidades consumidas por tonelada producida y a la vez conocer la eficiencia en el proceso. Por este motivo y para llevar un registro fiel de los indicadores, se diseñó un formato para poder almacenar los datos obtenidos y así tener registros de consumos por periodos, hecho que permite analizar mejor la información (toneladas producidas-kilovatios necesarios) y efectuar cambios eficaces.

Para la toma de datos de los indicadores de ecoeficiencia se utilizaron 20 lotes de 500 kilos de grano de quinua procesados (10 toneladas de grano de quinua); los integrantes del Comité de Ecoeficiencia tomaron los datos

respectivos para cada uno de los indicadores de ecoeficiencia. La Tabla 2 presenta los datos obtenidos.

**Tabla 2. Datos de indicadores de ecoeficiencia**

| Muestra No.  | Cantidad de Grano de Quinua (Kg) | Consumo de Agua total (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) | Cantidad de Vertidos de Aguas Residuales (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) | Consumo de Energía Eléctrica (Kwh / Cantidad de Quinua procesada) | Consumo de Gas Natural (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) |
|--------------|----------------------------------|---|--|---|--|
| 01           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.6  | 15   |
| 02           | 500                              | 6.8   | 6.8  | 50.7  | 15   |
| 03           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.6  | 15   |
| 04           | 500                              | 6.9   | 6.9  | 50.7  | 15   |
| 05           | 500                              | 6.9   | 6.9  | 50.7  | 15   |
| 06           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.6  | 15   |
| 07           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.6  | 15   |
| 08           | 500                              | 7.2   | 7.2  | 50.7  | 15   |
| 09           | 500                              | 6.9   | 6.9  | 50.7  | 15   |
| 10           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.7  | 15   |
| 11           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.7  | 15   |
| 12           | 500                              | 6.9   | 6.9  | 50.6  | 15   |
| 13           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.7  | 15   |
| 14           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.7  | 15   |
| 15           | 500                              | 6.9   | 6.9  | 50.7  | 15   |
| 16           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.7  | 15   |
| 17           | 500                              | 7.1   | 7.1  | 50.7  | 15   |
| 18           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.6  | 15   |
| 19           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.7  | 15   |
| 20           | 500                              | 7.0   | 7.0  | 50.7  | 15   |
| <b>TOTAL</b> |                                  | <b>140.1</b>  | <b>140.1</b>   | <b>1013.4</b>   | <b>300</b>   |

Una vez obtenidos los datos de los indicadores, se procedió a calcular los valores estándar por tonelada de quinua procesada; ya que los datos se obtuvieron con el procesamiento de media tonelada, con ayuda de una base de cálculo se volvieron a calcular los datos para obtener los correspondientes a una tonelada; una vez estandarizados los valores de los indicadores, ellos se convierten en el punto de referencia en la empresa (Tabla 3).

**Tabla 3. Indicadores de Ecoeficiencia estandarizados para Funprodesic**

| Indicador                                | Valor  | Unidad / tonelada de quinua procesada |
|--|--------|---------------------------------------|
| Consumo de agua                          | 14.01  | m3 de agua consumido                  |
| Cantidad de vertidos de aguas residuales | 14.01  | m3 de agua vertido residuales         |
| Consumo de energía eléctrica             | 101.34 | Kwh de energía eléctrica              |
| Consumo de combustible (gas)             | 30     | m3 de gas consumido                   |

Es importante destacar que los datos de los indicadores de ecoeficiencia de Funprodesic, comparados con los de otra empresa procesadora de quinua, líder en Bolivia, son similares.

**Tabla 4. Empresas procesadoras de Quinua - Indicadores de ecoeficiencia**

| Indicador                                | Fundeprosic | Andean Valley | Unidad / Ton. de quinua procesada |
|--|-------------|---------------|-----------------------------------|
| Consumo de agua                          | 14.01       | 14.0          | m3 de agua consumido              |
| Cantidad de vertidos de aguas residuales | 14.01       | 14.0          | m3 de agua vertido residuales     |
| Consumo de energía eléctrica             | 101.34      | 94.7          | Kwh de energía eléctrica          |
| Consumo de combustible (gas)             | 30          | 30            | m3 de gas consumido               |

### *C. Planificación de las acciones necesarias para la reducción y aprovechamiento integral de las materias primas, la energía, el agua, los sub-productos y los residuos en la planta de producción*

Una vez determinados los valores de los indicadores de ecoeficiencia en la industria caucana de alimentos Funprodesic, cuando ya el personal de la planta de producción conoce tanto la manera de realizar la medición de los indicadores de ecoeficiencia, como los valores estándar, se procedió en esta fase a la toma de decisiones respecto a la reducción y el aprovechamiento integral de las materias primas, la energía, el agua, los sub-productos y los residuos; a definir estrategias para conseguir tal fin.

Es claro que en la etapa del desaponificado del grano de quinua es donde se consume la mayor parte de los recursos utilizados en la planta; lograr allí un ahorro sustantivo de estos recursos, manteniendo o aumentando el nivel de producción, es fundamental para la empresa, no sólo por el aspecto económico, sino por el ambiental.

Por lo anterior, el Comité de Ecoeficiencia diseñó las siguientes estrategias para lograr un ahorro sustantivo de los recursos utilizados y mantener o aumentar el nivel de producción, sin afectar el medio ambiente.

#### **1) Implementar un sistema de monitoreo y control de los indicadores de ecoeficiencia en todo el proceso productivo**

Esta estrategia está enfocada, primero, a crear conciencia del ahorro dentro de toda la organización, segundo, en un nivel más técnico, a tomar las decisiones correctas, por ejemplo, a no salirse de los estándares de consumo establecidos para los indicadores de ecoeficiencia; para tal objetivo, la empresa se tendrá que apoyar en un manual de indicadores de ecoeficiencia, en el cual se detallen todos los aspectos y procedimientos a tener en cuenta para tal fin.

Como el tema del ahorro inicia desde la concientización del personal de la planta, muchas veces no es necesario hacer una inversión alta para conseguir ahorros de insumos; por ejemplo, una vez elaborado el manual de los indicadores de ecoeficiencia, este puede ser enviado a los correos electrónicos de los operarios, junto con los estándares de los indicadores de ecoeficiencia, para recordarles la importancia del ahorro de los insumos; así la empresa podrá conseguir ahorros más significativos.

Una vez implementada la estrategia de Monitoreo y Control, y delegadas las funciones respectivas para su ejecución, el siguiente paso consiste en *volver a medir*, para

realizar un seguimiento de lo ya implementado, determinar el impacto de los indicadores y determinar estrategias futuras para mejorarlos o para corregir lo que en primera instancia, no fue advertido o tenido en cuenta.

La actividad de monitoreo permite, como pasa muy frecuentemente, conocer nuevos factores que influyen en el desperdicio de recursos e insumos, que pueden ser más nocivos de los que ya han sido controlados.

En este punto finalizaría el ciclo de esta estrategia, que se vuelve a iniciar con la medición.

El principal objetivo de la estrategia de Monitoreo y Control es disminuir el uso de recursos innecesarios, manteniendo la eficiencia en la producción, lo que se traduce en una mejora de la economía de la empresa y un menor impacto ambiental de ella (Cerón, 2002).

#### **2) Comprar un equipo de desaponificado industrial de quinua**

Esta estrategia está enfocada, primero, a mejorar la eficacia y eficiencia del proceso productivo, segundo, ya en un nivel más técnico, a lograr reducir sustancialmente los indicadores de ecoeficiencia actuales de la empresa, modificando el proceso productivo.

Con la compra de este equipo es posible lograr ahorros más significativos al reemplazar la desaponificación húmeda por una desaponificación en seco del grano de quinua. Existen cuatro aspectos que se pueden considerar importantes a la hora de implementar esta estrategia, como son la eficiencia energética, el mínimo uso de agua, la mínima contaminación ambiental y la minimización de residuos (Torres & Minaya, 1980).

La compra de la desaponificadora de quinua logrará reducir sustancialmente los indicadores de ecoeficiencia actuales, reducirá a cero los efluentes contaminados con saponinas y recuperará las saponina en forma de polvo; también representará un ahorro sustancial en los costos operativos de la empresa, a la vez que generará una actualización tecnológica significativa en su proceso productivo, que cumpliría con los principios de ecoeficiencia.

Una vez elaboradas las dos estrategias se procedió a programar una reunión entre el equipo del Comité de Ecoeficiencia y la junta directiva de Funprodesic, para sustentar las estrategias ecoeficientes y seleccionar cual se va a implementar en la planta de producción de la empresa.

Una vez reunidos y sustentadas las estrategias a implementar, la Junta Directiva tomó la decisión de realizar la compra del equipo de desaponificado industrial de quinua pero sin dejar de lado la implementación del Sistema de Monitoreo y Control de los Indicadores de Ecoeficiencia en el proceso productivo, por ello, se pidió la elaboración del manual de indicadores de ecoeficiencia para la empresa.

Una vez comprada e instalada la desaponificadora de quinua se procedió con el Comité de Ecoeficiencia a realizar de nuevo la toma de los datos de los indicadores de ecoeficiencia, debido a la modificación del proceso productivo que se llevó a cabo; para tal efecto se realizaron las medidas de los indicadores de ecoeficiencia con las mismas cantidades de quinua o sea para 20 lotes de 500 kilos de grano de quinua procesados (10 toneladas de grano de quinua). Los integrantes del Comité de Ecoeficiencia tomaron los datos respectivos para cada uno de los indicadores. La Tabla 5 presenta los datos obtenidos.

**Tabla 5. Datos nuevos de indicadores de Ecoeficiencia**

| Muestra No.  | Cantidad de Grano de Quinua (Kg) | Consumo de Agua total (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) | Cantidad de Vertidos de Aguas Residuales (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) | Consumo de Energía Eléctrica (Kwh/ Cantidad de Quinua procesada) | Consumo de Gas Natural (m <sup>3</sup> / Cantidad de Quinua procesada) |
|--------------|----------------------------------|---|--|--|--|
| 01           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 02           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 03           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 04           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 05           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 06           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 07           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 08           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 09           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 10           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 11           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 12           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 13           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 14           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 15           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 16           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 17           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| 18           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 19           | 500                              | 0   | 0  | 30,2   | 5  |
| 20           | 500                              | 0   | 0  | 30,1   | 5  |
| <b>TOTAL</b> |                                  | 0   | 0  | 603,3  | 100  |

Una vez puesta en marcha la desaponificadora de quinua dentro del proceso productivo de Funprodesic y obtenidos los nuevos datos de los indicadores de ecoeficiencia, se procedió a calcular los nuevos valores estándar por tonelada de quinua procesada.

Una vez calculados se procedió, con el Comité de Ecoeficiencia, a realizar las respectivas evaluaciones y comparaciones para conocer las ventajas y los porcentajes de ahorro.

Esta información se presenta en la Tabla 6. Como se puede observar, al implementar la estrategia 2, el nivel de ahorro es muy alto.

**Tabla 6. Comparación de estrategias implementadas**

| Aspectos Técnicos  | Estrategia                               |                     |                            |            |
|--|--|---------------------|----------------------------|------------|
|  | Indicador / Tonelada de quinua procesada | Monitoreo y Control | Compra de desaponificadora | Ahorro (%) |
| Consumo de agua (m <sup>3</sup> )                          |  | 14.01               | 0                          | 100        |
| Cantidad de vertidos de aguas residuales (m <sup>3</sup> ) |  | 14.01               | 0                          | 100        |
| Consumo de energía eléctrica (Kwh)                         |  | 101.34              | 60.33                      | 40,5       |
| Consumo de gas natural (m <sup>3</sup> )                   |  | 30                  | 10                         | 67         |
| Recuperación de polvo de saponina (%)                      |  | 0                   | 95                         | 95         |

*D. Elaboración del Manual de Indicadores de Ecoeficiencia como instrumento para la medición, monitoreo y control dentro del proceso productivo*

Se elaboró el Manual de Indicadores de Ecoeficiencia como instrumento de medición, monitoreo y control en la planta de producción, para mejorar la eficiencia del proceso productivo, con acciones muy sencillas que pueden resultar muy efectivas al implementarse; para el perfeccionamiento de su implementación, es necesario contar con capacitaciones sobre temas de ecoeficiencia al interior de la empresa, de tal forma que se combine el esfuerzo de todo el personal de la empresa en la meta de producir más con menos.

*E. Informe de final y recomendaciones*

Una vez finalizado el trabajo de investigación, se entregó un informe final a la empresa, con las siguientes recomendaciones:

- Se debe mantener un mejoramiento continuo, evaluando y analizando constantemente el Sistema de Ecoeficiencia implementado, para así poder determinar cuáles son las inconformidades y que mejoras hay que hacer.
- Es indispensable la obtención de resultados que indiquen la disminución de costos o la obtención de ganancias al mejorar el proceso desde la variable ambiental, ya que para una empresa también es importante la variable económica.
- Es importante poder ampliar el alcance del Sistema de Ecoeficiencia hacia el campo, es decir toda la parte de cultivos, comercialización y transporte.
- Se debe tener en cuenta que las saponinas tienen muy diversas aplicaciones en varias industrias: detergentes, alimentos, cerveza, cosméticos y farmacéuticas y que los precios de compuestos

adecuadamente purificados (75%) ofrecen una muy interesante opción para abrir otra línea de comercialización de este subproducto (Montoya & Ballesteros, 2005).

#### IV. CONCLUSIONES

La ecoeficiencia impulsa a las empresas a buscar mejoras ambientales de modo paralelo con los beneficios económicos, lo que permite empresas con mayor responsabilidad ambiental y más rentables.

Es importante resaltar que la mayor dificultad del presente trabajo consistió en seleccionar los indicadores de ecoeficiencia más representativos, esto es todavía más relevante cuando no se tiene un conocimiento de los datos de consumo y variables ambientales de la empresa con la precisión necesaria.

Es importante llevar una *contabilidad* adecuada de este tipo de datos para poder determinar los indicadores de ecoeficiencia, con la exactitud que merecen, y así establecer compromisos de ecoeficiencia adecuados; en este caso se trabajó dentro de las restricciones de un sistema más representativo. La experiencia obtenida de este modo resultará muy útil cuando el sistema se amplíe.

La ecoeficiencia puede servir a las empresas como un medio para desarrollarse e implementar exitosamente estrategias de negocios que lleven a la innovación y con ello al crecimiento y una mayor competitividad.

A través del presente trabajo de investigación se lograron grandes avances; se crearon procedimientos, formatos, guías y registros, que con el correr del tiempo se convertirán en parte fundamental del sistema de gestión ambiental de la empresa; cabe resaltar que con este trabajo de investigación se creó el Comité de Ecoeficiencia, con el fin abarcar todos los aspectos ambientales de la operación de la empresa.

La compra de la desaponificadora de quinua fue una excelente inversión, ya que se logró reducir sustancialmente los indicadores de ecoeficiencia actuales, mejorando la eficiencia energética, reduciendo el consumo de agua, reduciendo a cero los efluentes contaminados con saponinas y recuperando el polvo de saponina; en resumen, mejorando la economía de la empresa.

Considerando los aspectos económicos asociados al mejoramiento ambiental de la empresa, es importante distinguir entre los costos (o beneficios) privados y los

costos (o beneficios) sociales. Los primeros se refieren a aquellos costos (y beneficios) que recaen directamente sobre la empresa, mientras que los costos (y beneficios) sociales incluyen al medio ambiente y a las personas presentes en el lugar donde está localizada la empresa. A medida que el proyecto incorpora medidas más sofisticadas y de mayor requerimiento de inversión, con vistas a un control ambiental más efectivo, se puede esperar una reducción de los costos externos asociados a los impactos ambientales.

A la vista de estas conclusiones resulta evidente pensar en la efectividad que supondría para la empresa la implantación de un Sistema de Gestión Medioambiental que permita conocer con exactitud los flujos de materia y energía que se generan, y a la vez promover esta iniciativa hacia las empresas con las que se trabaja y se comercializa.

Por último, con la creación del Sistema de Ecoeficiencia y de los Indicadores de Ecoeficiencia, se establece y se garantiza una armonía en la cual, la actividad productiva de la quinua sea más amigable con el medio ambiente, para de esta forma garantizar la sostenibilidad entre lo social, lo económico y lo ambiental.

#### V. REFERENCIAS

- Alfonso, N. (2004). *Principios básicos para la gestión ambiental* [3a ed.]. Bogotá, Colombia: Escuela de Administración de Negocios [EAN]
- Arboleda, G. (1998). *Proyectos: formulación, evaluación y control*. Cali, Colombia: AC
- Cerón, L. (2000). *Cultivo de quinua* [Boletín 01]. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño / Ministerio de agricultura / Pronatta
- Cerón, L. (2001). *Investigación aplicada sobre quinua en el departamento de Nariño*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño / Ministerio de agricultura / Pronatta
- Cerón, L. (2002). *La quinua como cultivo alternativo, base de la seguridad alimentaria y su importancia agroindustrial*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño
- Derpic, E. (1998). Proceso combinado para desaponificación de quinua. En *Sexto congreso internacional sobre cultivos andinos. Memorias*, (pp.32-36). Quito, Ecuador: INIAP
- Gallardo, Y. & Moreno, A. (1999). *Recolección de la información* [Serie Aprender a investigar, módulo 3. Bogotá, Colombia: ICFES
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas [Icontec] (2008). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001:2008. Sistemas de gestión de la calidad: Bogotá, Colombia: Icontec
- Kuhndt, M. (2005). *Negocios y sostenibilidad*. Bogotá, Colombia: Politécnico Gran colombiano
- Montoya, L. & Ballesteros, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103-119
- Torres, H. & Minaya, I. (1980). *Escarificadora de quinua. Diseño y construcción*. Lima, Perú: Instituto americano de ciencias agrícolas
- Zavaleta, R. (1993). *Evaluación de procesos industriales para la desaponificación de la quinua*. Lima- Perú: Grupo de política tecnológica

## CURRÍCULOS

*Edwin Muñoz Certuche*. Ingeniero Agroindustrial de la Universidad del Cauca (2007) y Especialista en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial de la Universidad Santiago de Cali (2013).

*Néstor Raúl Basto Trochez*. Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima (1976) y Especialista en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial de la Universidad Santiago de Cali (2013).

*Luis Antonio González Escobar*. Licenciado en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali (1983) y Magíster en Conservación y Gestión del medio natural y Desarrollo Sostenible de la Universidad Internacional de Andalucía, España (2000).