

TEC | Tecnológico  
de Costa Rica



# Agronegocios

---

**Revista semestral  
Enero- junio 2022  
Volumen 8, número 1**

---

**ISSN:2215-3462**

La revista e-Agronegocios es una publicación semestral, gratuita y de acceso abierto editada por el Tecnológico de Costa Rica (Escuela de Agronegocios) en colaboración con el Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial (CIEDA). Su objetivo es la difusión de resultados de investigación en las disciplinas del conocimiento relativas a la economía agrícola, agronegocios, la gerencia agroempresarial y áreas afines. El contenido de la revista está dirigido a investigadores, especialistas, docentes, profesionales y estudiantes universitarios de las áreas de economía agrícola y los agronegocios.

## Directora

María Fernanda Jiménez Morales  
[maria.jimenez@itcr.ac.cr](mailto:maria.jimenez@itcr.ac.cr)

## Editora

Julia Paola Barrantes Aguilar  
[julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr](mailto:julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr)

## Asistente editorial

Fabiola Jiménez Sánchez  
[jimenezsanchezfabiola@gmail.com](mailto:jimenezsanchezfabiola@gmail.com)

## Diagramación

Julia Paola Barrantes Aguilar  
[julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr](mailto:julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr)

## Indexaciones



DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS



REDIB  
Red Iberoamericana  
de Innovación y Conocimiento Científico



CLASE  
Citas Latinoamericanas en  
Ciencias Sociales y Humanidades



FAO AGRIS

## Comité Editorial

M.Sc. Eliécer Ureña Prado.  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [eliecer.urena@ucr.ac.cr](mailto:eliecer.urena@ucr.ac.cr)

MGA Enrique Montenegro Hidalgo.  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [enrique.montenegro@ucr.ac.cr](mailto:enrique.montenegro@ucr.ac.cr)

Dr. Luis Losilla Solano.  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [luis.losillasolano@ucr.ac.cr](mailto:luis.losillasolano@ucr.ac.cr)

M.Eng María Fernanda Jiménez Morales.  
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [maria.jimenez@itcr.ac.cr](mailto:maria.jimenez@itcr.ac.cr)

MSc. Rubén Calderón Cerdas.  
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [racalderon@itcr.ac.cr](mailto:racalderon@itcr.ac.cr)

Dr. Olman Quirós Madrigal.  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [OLMAN.QUIROS@ucr.ac.cr](mailto:OLMAN.QUIROS@ucr.ac.cr)

Licda. Julia Paola Barrantes Aguilar  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo: [julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr](mailto:julia.barrantesaguilar@ucr.ac.cr)

## Volumen 8 Número 1

### Contenido

#### Artículos

**Costo y efecto de la suplementación con Forraje Verde Hidropónico: estudio de caso.**

Cost and effect of Supplementation with Hydroponic Green Forage: case study.  
Vanessa Villalobos Ramos y Diego Quirós Badilla.....7

**Optimización del costo de alimentación para ganado de engorde en Guanacaste, Costa Rica.**

Feed cost optimization for fattening cattle in Guanacaste, Costa Rica.  
Johanna Solórzano Thompson, David Barboza Navarro, Ana Patricia Vásquez Soto y  
Javier Paniagua Molina.....25

**Influencia de la innovación institucional en el sector exportador del aguacate peruano.**

Influence of institutional innovation in the Peruvian avocado export sector.  
Manuel Elías Valle Colchao e Ilse Anai Villarreal Carrillo.....45

#### Nota técnica

**Diseño de una herramienta para la gestión de riesgos y continuidad de negocio en la producción agroalimentaria.**

Design of a methodology for risk management and business continuity in agri-food production.  
Orlando Armijo Montes.....70

## **Autor de la foto de portada**

Julio César Barrantes Mora

[jcbtesm@gmail.com](mailto:jcbtesm@gmail.com)

Ingeniero Agrónomo. Director de la Región Brunca en Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Foto ganadora del Concurso de Fotografía Agrícola del IV Congreso en Economía Agrícola y Agronegocios. La fotografía fue tomada en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

## **Comentario de la foto de portada**

*"No quisiera resaltar solo el instrumento (cuchillo) sino a la persona que hace uso del él. Puedo decir que la foto tiene un trasfondo económico, político y social de seres humanos invisibilizados que llegan a Costa Rica por circunstancias particulares en su país que no permiten lograr las condiciones mínimas de calidad de vida para sus familias. Por eso migran, con la intención de forjar un nuevo porvenir.*

*Aquí ellos y ellas son silenciosos pero son los que siempre hacen el trabajo duro sin protestar. Muchas veces un trabajo infravalorado y que como sociedad debemos dimensionar en su importancia; para tener una sociedad más inclusiva y justa. Ya que son las que están desde antes del amanecer y hasta después del atardecer con el sudor en su frente cosechando nuestra materia prima, eslabón importante de la agrocadena de la caña de azúcar en nuestra región y el país. Por ello, en esta foto quiero mostrar las manos de señoras y señores -la mayoría nicaragüenses- que dan todo su esfuerzo para que una zafra se lleve a cabo y donde su contribución al desarrollo económico de nuestro país es invaluable. Nuestro homenaje sincero hermanos y hermanas nicaragüenses."*

Ing. Julio César Barrantes Mora  
DIECA, LAICA.





## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis de los costos y efectos de la suplementación de Forraje Verde Hidropónico (FVH), con semilla de maíz (*Zea mays*), en una finca de ganado doble propósito ubicada en Upala, Costa Rica, con énfasis en el área de producción de leche. La información se recopiló durante dos periodos diciembre 2018 – mayo 2019 (sin FVH) y diciembre 2019 – mayo 2020 (con FVH) para su comparación, siendo en Costa Rica los meses de verano. Se construyó un módulo de producción de FVH con riego nebulizado automatizado. Se realizó un análisis bromatológico al forraje en el tiempo de cosecha. Se midieron las variables peso, altura y días para cosecha del FVH. Posteriormente se evaluó el efecto de la suplementación con FVH en la producción de leche, donde las pruebas estadísticas (Wilcoxon y ANCOVA) señalan que hubo un aumento en los meses diciembre 2019 – mayo 2020 cuando se incorporó el FVH a la dieta de las vacas. El mayor costo de producción de FVH lo representa la semilla (52.64%), siendo además el insumo más sensible en el ámbito de la productividad, el costo de producción de la leche disminuyó al incorporar el FVH en la dieta, principalmente por el aumento de la producción y la reducción de la ración de concentrado brindado a las vacas en producción. Se sugiere profundizar en estudios fisiológicos en las vacas, y calidad de la leche al incorporar FVH a la dieta, así como análisis más robustos en la rentabilidad de la inversión necesaria para implementar este sistema.

**Palabras clave:** forraje hidropónico, análisis bromatológico, análisis de costo, ANCOVA, Test Wilcoxon.

## Abstract

The objective of this work was to carry out an analysis of the costs and effects of the supplementation of Hydroponic Green Forage (FVH), with corn seed (*Zea mays*), in dual-purpose cattle farm located in Upala, Costa Rica, with an emphasis on milk production area. The information was collecting during two periods, December 2018 – May 2019 (without FVH) and December 2019 – May 2020 (with FVH), for comparison, being the summer months in Costa Rica. FVH production module was being a building with automated nebulized irrigation. A bromatological analysis of the forage was performing at harvest time. The variables weight, height, and days for harvesting of the FVH were measuring. Subsequently, the effect of supplementation with FVH on milk production was evaluating, where statistical tests (Wilcoxon and ANCOVA) indicate that there was an increase in the months December 2019 – May 2020, when FVH was being incorporated into the cows' diet. The highest production cost of FVH was represented by the seed (52.64%), being also the most sensitive input in the field of productivity. The cost of milk production decreased when incorporating FVH in the diet, mainly due to the increase in production and reduction of the concentrate portion provided to cows in production. It is suggested to deepen physiological studies in cows, and milk quality when FVH is incorporating into the diet, as well as more robust analysis on the profitability of the investment needed to implement this system.

**Key words:** hydroponic fodder, bromatological analysis, cost analysis, ANCOVA, Wilcoxon Test.

## Introducción

El forraje verde hidropónico (FVH) surge como una alternativa de alimentación a nivel pecuario en fincas cuyo espacio es limitado y se requiere aumentar la productividad del suelo (Agius et al., 2019; Elizondo, 2005; Mohapatra et al., 2019), además se denota como una alternativa de bajo costo una vez realizada la inversión cuando se sustituye por rubros como el concentrado (Agius et al., 2019; Mohapatra et al., 2019), siendo los elementos mayormente requeridos la mano de obra y la semilla.

De manera especial, se valora como ventaja el uso de espacios reducidos para alta producción de forraje, conociendo que para el caso de Costa Rica, según el INEC (2015) un 68 % del total de fincas existentes son de 10 hectáreas o menos y un total de 30.248 fincas que representan el 32,5 % del total del país, están dedicadas a la actividad pecuaria como actividad económica principal; además, es característico de las fincas de menor tamaño, el autoempleo del grupo familiar, por lo que la producción de FVH podría convertirse en una fuente de empleo complementaria en especial para mujeres y jóvenes dado el nivel de control, inocuidad y uso de tecnología como el riego, que se requiere.

Dentro de las ventajas que representa el uso de FVH para la alimentación animal se encuentra un mayor ahorro en el uso de agua, optimización en el uso del espacio, menor tiempo de producción e intensificación para la alimentación, calidad nutricional e inocuidad (Al-Karaki & Al-Hashimi, 2012; Mora-Agüero, 2009; Morales et al., 2020; Ramírez Viquez, 2016)

Se realiza un abordaje desde la base de un estudio de caso en finca de un productor en Upala, Alajuela, Costa Rica, que se dedica a la actividad ganadera, específicamente ganado de doble-propósito. Sus objetivos fueron generar el mecanismo de producción de FVH bajo un ambiente propio y valorar el desarrollo a través de mediciones de altura, peso y aspectos nutricionales, como segundo objetivo se valora el efecto en la producción de leche en los periodos diciembre 2018 – mayo 2019 y diciembre 2019 – mayo 2020 como alternativa de alimentación frente a periodos de escasez de agua, como tercer objetivo se analiza el costo de producción de FVH y su efecto en la estructura de costo de producción de leche cuando se incorpora el FVH en la dieta.

## Referente teórico

La hidroponía es una técnica de siembra en ausencia de suelo, utilizando sustratos inertes y soluciones nutritivas para el crecimiento vegetativo de los cultivos a producir (Sánchez-Laiño et al., 2010). Se conoce que el FVH es una alternativa de alimento en la producción pecuaria (García-Carrillo et al., 2013; Herrera-Torres et al., 2010; López-Aguilar et al., 2009; Vargas-Rodríguez, 2007); sin embargo, Costa Rica aún se encuentra rezagado en la adopción de esta alternativa de producción debido a diferentes factores como desconocimiento tecnológico, aversión al riesgo, dificultad para acceder al

crédito, entre otros.

El FVH es un alimento, basado en la germinación de granos y su posterior crecimiento bajo condiciones propias de hidroponía (García-Carrillo et al., 2013; Rivera et al., 2010; Vargas-Rodríguez, 2007). Para la producción de este tipo de forraje no se requiere de un sustrato para crecer, ya que los nutrientes para el desarrollo de las plántulas en etapa de 12 a 14 días, algunos estudios señalan incluso ocho días (Al-Karaki & Al-Hashimi, 2012; Mohapatra et al., 2019), se los provee la propia semilla y la humedad que un sistema de riego programado, le pueda brindar para su crecimiento (Elizondo, 2005; Mohapatra et al., 2019).

El término de ahorro de agua la recomendación del riego en FVH es sumamente controlada y según el clima donde se esté realizando, requiere de 2 a 3 litros de agua por kg de materia seca de FVH (FAO, 2001), lo cual podría ser un aliciente a las sequías y la disputa por el agua que se da algunas regiones del país, al ser de ciclo corto de producción, entre 9 y 14 días dependiendo del clima de la zona y el tipo de semilla que se utilice.

La calidad nutricional es otro aspecto considerado, dado que se han obtenido valores de proteína entre el 12 y 18 % para el caso de maíz como base para realizar el FVH, provee vitaminas E, C y caroteno, así como minerales: calcio, fósforo, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre (Araújo et al., 2020). De la investigación realizada Vargas-Rodríguez (2007) en la Estación Experimental Alfredo Volio de la Universidad de Costa Rica, se exponen las diferentes propiedades de los FVH a base de sorgo, maíz y arroz, siendo mayor el porcentaje de materia seca (15,82%) para el caso del arroz y mayor el porcentaje de proteína cruda (10,47%) para el caso del sorgo. Para el caso del maíz destaca que es el material más succulento por sus niveles de fibra y la cantidad de energía que puede aportar.

De acuerdo con Polimeni R, Fabozzi F y Alderberg A (1991), los costos se acumulan desde el punto de vista de trabajo, bajo un sistema por órdenes de trabajo o por procesos, algunos otros autores establecen la acumulación de costos para sistemas agrícolas, en un costeo por actividades (AgroWin, 2011; Perfetti et al., 2012).

El costo de producción está conformado por los tres elementos del costo (Cuevas, 2010):

- Materiales directos: Aquellos insumos que se utilizan durante el proceso de producción, que sufran algún tipo de transformación y que se encuentran contenidos en el producto final.
- La mano de obra directa: Aquella que, aunque no se transforma es necesaria para la producción y que sin ella no se obtendría el producto final.
- Los costos indirectos de producción: Son los que no mantienen una relación in-

directa con el proceso productivo, como la depreciación y mantenimiento de activos. La distribución de estos costos se basa en la producción que se espera conseguir en circunstancias normales, considerando el promedio de varios periodos.

Así mismo se pueden clasificar de acuerdo a su comportamiento (Horngren et al., 2012) en:

- Costos variables: costos que cambian de manera proporcional según sea el volumen de producción.
- Costos fijos: El costo permanece constante de manera global, y no depende de cambios en los volúmenes de producción.

## Metodología

El estudio se desarrolló en una finca en el Porvenir de Upala, Alajuela, Costa Rica, con las siguientes coordenadas 10°55'40.4"N 85°14'50.1"W, con una altitud aproximada de 85 msnm, la región posee dos estaciones diferenciadas, época seca (enero-abril) y época lluviosa (mayo-diciembre), la precipitación promedio de la región ronda los 2400 mm, la temperatura promedio aproximada es de 26,9 °C (MINAE & IMN, 2013). Destinada a la ganadería de doble propósito, esta finca posee una extensión de 24 ha, de las cuales son aptas para la producción 15 ha (con potreros para pastoreo). El estudio se llevó a cabo durante dos periodos de tiempo comparables (particularmente los meses de verano o época seca): diciembre 2018-mayo 2019 de ahora en adelante periodo A, y diciembre 2019-mayo 2020 de ahora en adelante periodo B, el hato promedio en producción es de 15 vacas.

## Producción de FVH

Para la producción de FVH se construyó un módulo con las siguientes características: columnas de madera y techo de zinc, se cubrió con malla antiáfidos blanca para evitar el ingreso de posibles plagas y permitir el ingreso de luz; se trabajó con cuatro estantes de madera con capacidad de 25 bandejas cada uno (5 bandejas por compartimiento). Se instaló un sistema de riego por nebulización automatizado a razón de una apertura 30-40 segundos durante cada hora durante el día (se requirió instalación de tanque y bomba de agua), todo el proceso de producción lo realizó el productor con el acompañamiento de los investigadores y apoyo técnico especializado, se facilitó material para que el productor anotara por día el peso ganado del FVH, así como la altura hasta la cosecha.

El proceso de producción utilizó semilla de maíz (el productor en ocasiones produjo su propia semilla y en periodos de escasez compró la semilla en el comercio local), no se

utilizaron soluciones hidropónicas<sup>1</sup>, se siguieron los siguientes pasos:

- i. Imbibición: se colocó la semilla en agua con una solución desinfectante por 12 horas.
- ii. Se utilizó una malla fina para escurrir la semilla (evitando contacto con el suelo).
- iii. Se colocó el maíz en las bandejas (3 kg de maíz pesado después de la imbibición rinde para 5 bandejas), se añade por lo tanto 0,6 kilogramos de maíz imbibido por bandeja.
- iv. Durante 3 días se colocó el maíz tapado con plástico u otro material negro para simular una fase oscura (primer compartimiento del estante).
- v. Cada 2-3 días se pasó las bandejas al estante siguiente para seguir con el proceso.
- vi. Entre los días 10 y 12 se realizó la cosecha

Se realizó un análisis bromatológico del FVH, utilizando el forraje de las bandejas a cosechar, en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica, se determinó su composición en los siguientes rubros: materia seca (MS), cenizas, calcio, fósforo, extracto etéreo, humedad (60%), proteína cruda (PC), energía digestible, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

## **Métodos estadísticos**

### **Medición de producción de leche y otras variables**

Para las pruebas estadísticas se utilizó el Software SPSS Statistics versión 23 (IBM Corp, 2015). Se pesó la producción de leche, y se analizaron los datos en términos de promedio de producción de leche diario (Plc) tanto del periodo A como del periodo B (Tratamiento), a fin de comparar el efecto de la incorporación del FVH en la dieta, en el promedio de producción de leche de la finca, suministrándole a las vacas una ración diaria de media bandeja de FVH (aproximadamente 1,25 kg) durante el periodo de estudio, así mismo se midió la temperatura promedio (T<sub>pro</sub>) en ambos periodos para analizar un efecto como covariable en la producción de leche, ya que es una variable que se ha demostrado tiene importante relevancia en el desempeño productivo del ganado (Arias et al., 2008). El nivel de significancia fue del 95%.

<sup>1</sup> Las soluciones hidropónicas hacen referencia a sustancias utilizadas para nutrición (fertilización) de los cultivos en este sistema que se mezclan con el agua aportada en el sistema de riego.

## **Análisis estadístico**

Se encontró que las distribuciones de las variables Plc y Tpro incumple el supuesto de normalidad e igualdad de las varianzas por lo que no es posible realizar pruebas paramétricas para determinar diferencias entre los tratamientos (Hollander et al., 2013), dado lo anterior se aplicó una prueba pareada de rango con signos de Wilcoxon como prueba no paramétrica, entre el Plc del periodo A sin forraje (Tratamiento 1) y el Plc del periodo B con forraje (Tratamiento 2). La hipótesis nula supone que el valor medio del Plc son iguales, y como hipótesis alternativa se supone que el valor medio de Plc entre tratamientos es distinta y mayor para el periodo B al incorporar en la dieta la ración de FVH.

Dado que existen otras variables que pueden explicar el aumento o disminución del Plc entre cada periodo, se incorporó la covariable Tpro, para realizar un modelo de análisis de covarianza (ANCOVA), dado el incumplimiento de normalidad e igualdad de las varianzas que presentaban los datos, se realizó una simulación de muestreo por medio del método Bootstrap como prueba robusta, esto por recomendaciones de estudios que señalan este método con pruebas estadísticas (ANCOVA en este caso) para generar resultados confiables en escenarios de no-normalidad y heterogeneidad de las varianzas (Wilcox, 2011).

Como hipótesis nula se establece que no hay efecto de la covariable Tpro en la variable respuesta, se obtuvieron las medias marginales de producción de leche (Plc) para ambos tratamientos, excluyendo el efecto de la covariable Tpro, a fin de ser utilizados en el análisis de costo de producción de la leche, el diseño fue el siguiente:

$$Plc = \alpha + \beta_1 * Tratamiento + \beta_2 * Tpro + \beta_2 * Tratamiento * Tpro \quad (1)$$

Donde,

*Plc = producción de leche*

*$\alpha$  = intercepto*

*$\beta_1 * Tratamiento$  = efecto del tratamiento*

*$\beta_2 * Tpro$  = efecto de la temperatura*

*$\beta_2 * Tratamiento * Tpro$  = efecto combinado del tratamiento y la temperatura*

Es importante destacar que en términos de alimentación se mantuvieron las mismas condiciones en ambos periodos tanto de potrero como de pasto de corta, en el periodo A el productor le daba a las vacas en producción un kilogramo de concentrado por cada 3 kilogramos de leche producidos (razón 1:3), durante el periodo B se disminuyó la ración de concentrado a únicamente un kilogramo diario independientemente del nivel de producción de leche que tuviera cada vaca, siendo la adición del FVH a la dieta de las vacas en producción en el periodo B a razón de 1,25 kilogramos diarios por vaca.

## Análisis de los costos

Para la recopilación de los costos de la producción de FVH se tomaron en cuentas los costos fijos y variables, el ciclo de costeo se trabajó a nivel mensual, el productor tomó datos como se mencionó anteriormente de los rendimientos obtenidos de FVH diariamente:

- Costos fijos: Depreciación del módulo y sus componentes (sistema de riego) y la electricidad.
- Costos variables: Semilla, mano de obra, insumos de desinfección.

La producción de leche también se costó (únicamente las vacas en producción) para el análisis de la incorporación del suplemento de FVH en la alimentación de las vacas, el ciclo de costeo también se realizó de manera mensual tomando en cuenta los costos variables y fijos, para lo cual se realizaron dos estructuras de costos para producción de leche, sin FVH (periodo A) y con FVH (periodo B):

- Costos fijos: Depreciación corrales y equipos, mantenimiento de potreros.
- Costos variables: Mano de obra, alimentación (pasto de corta y complementos) y medicamentos.

Los costos unitarios están en función de los promedios de los rendimientos medidos y calculados durante el estudio y el uso de las pruebas estadísticas.

## Resultados

### Producción de FVH

De los ensayos realizados fue posible obtener mediciones de desarrollo y peso final del forraje a través de cada día del proceso, desde la imbibición hasta la cosecha, siendo el peso promedio por bandeja de 2,53 kg, a razón de una ganancia de peso del 321,67% aproximadamente, la altura promedio alcanzada del FVH fue 32.5 cm.

**Cuadro 1.** Peso (kg) y altura (cm) promedio del FVH al día de cosecha.

<b>Rubro</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coficiente de variación</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Peso</b>	2,53	0,42	16,75%	3,26	1,30
<b>Altura</b>	32,35	3,00	9,28%	37,00	20,00

En la Figura 1 se puede observar el desarrollo del forraje bajo tres observaciones, la primera a los tres días después de la colocación de la semilla en las bandejas, a los siete

días y a los diez días.



**Figura 1.** Desarrollo del FVH, de izquierda a derecha: tres, siete y diez días respectivamente.

El resultado del análisis bromatológico realizado al FVH en cosecha se presenta en el Cuadro 2, siendo destacables los indicadores de Proteína Cruda (17,79) y Energía Digestible (3,44).

**Cuadro 2.** Resultado del análisis bromatológico al FVH en porcentaje.

<b>Contenido</b>	<b>Resultado (porcentaje)</b>
Cenizas	3,38
Calcio	0,33
Fósforo	0,32
Extracto etéreo	4,62
Humedad 60°C	9,34
Proteína cruda	17,79
Materia seca	9,34
Energía digestible	3,44
FDN	43,90
FDA	22,50

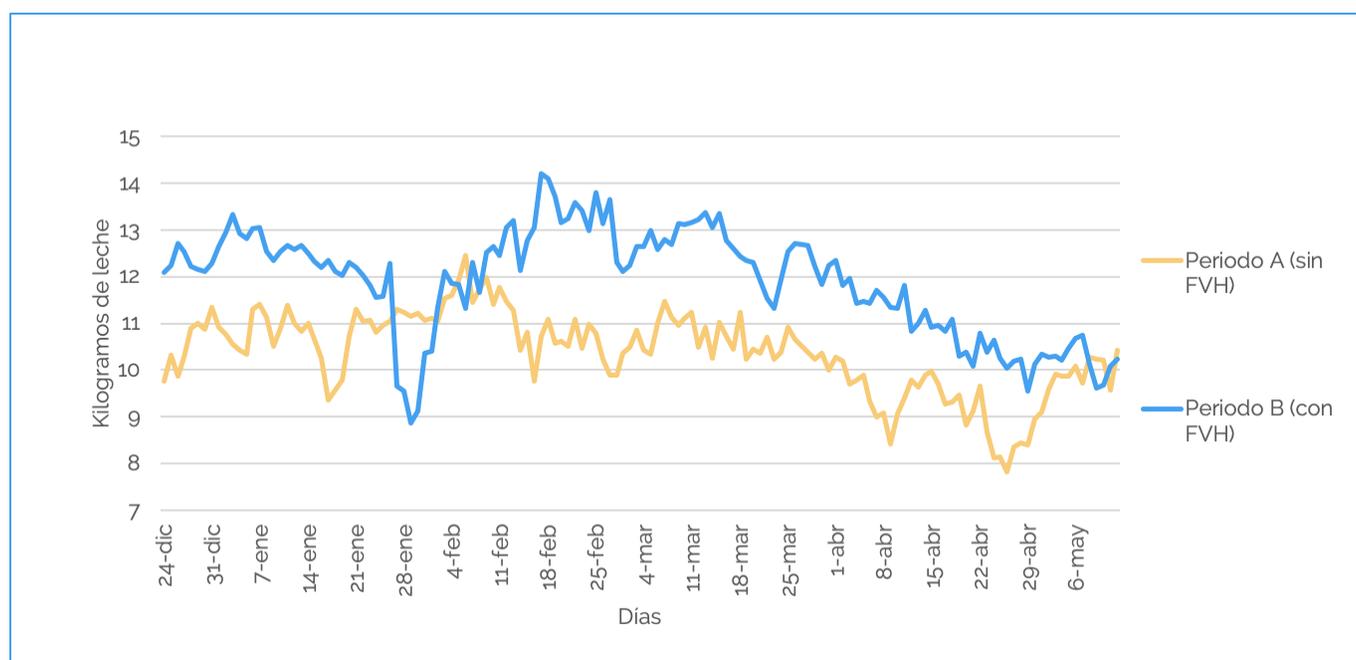
Fuente: Elaboración propia con datos de análisis realizado por el CINA, 2019.

## **Análisis estadístico**

Los estadísticos descriptivos (Cuadro 3) muestran que existió un promedio más alto de leche diario en el periodo A, cuando se aplicó el tratamiento 2 (incorporación de FVH a razón de 1,25 kg aproximadamente en la dieta diaria de las vacas en producción), en comparación con el periodo A donde aún no se proporcionaba FVH a las vacas en producción. Es importante mencionar que las vacas en producción sufrieron una intoxicación a finales de enero del periodo B como se puede apreciar en la Figura 2, lo cual ocasionó una baja significativa en la producción, este acontecimiento atípico forma parte de los datos para la comparación del promedio de producción que se muestra.

**Cuadro 3.** Estadísticos descriptivos del promedio de producción de leche en kilogramos de ambos periodos de estudio.

<i>Rubro</i>	<i>Periodo A</i>	<i>Periodo B</i>
Media	10,37	11,89
Mediana	10,45	12,2
Varianza	0,76	1,31
Desviación estándar	0,87	1,14
Coefficiente de variación	8,39%	9,59%
Mínimo	7,81	8,87
Máximo	12,45	14,19



**Figura 2.** Promedio diario producción de leche (periodo A vs periodo B) en kilogramos.

Como se mencionó en el apartado metodológico los datos no seguían una distribución normal, además de presentar heterogeneidad de las varianzas, por lo que no fue posible utilizar una prueba paramétrica, dado esto, se recurrió a utilizar la prueba de rango con signos de Wilcoxon como prueba no paramétrica, comprobándose diferencia en las medias de Plc, al ser una prueba bilateral se evidencia que la producción de leche fue mayor en el periodo B al incluir en la dieta de las vacas la ración de FVH, como se observa en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Resultados de la prueba pareada de rango con signos de Wilcoxon.

<i>Prueba pareada de rango con signos de Wilcoxon</i>			Diferencia entre el tratamiento 1 y 2
<i>Variable</i>	<i>Valor w</i>	<i>Valor p</i>	
Producción promedio diario de leche (Plc)	-9,325	.000	Significativa

La comparación que se realizó mantiene similitud en cuanto el tamaño del hato, las mismas vacas en producción, mismo personal a cargo de las labores, misma dieta en cuanto a pastos en potrero y pastos de corta, entre otros.

No es posible afirmar que el aumento de producción de leche se debió exclusivamente a la incorporación del FVH a la dieta de las vacas en producción, dado que otras variables tanto endógenas como exógenas podrían estar influyendo en este resultado, se incluyó la variable temperatura promedio como covariable para analizar y separar este efecto en la producción de leche.

Por medio del método de simulación de muestreo por Bootstrapping para subsanar el hecho de que los datos no cumplieran los supuestos de normalidad e igualdad de las varianzas, se obtuvieron los resultados representados en el Cuadro 5 y Cuadro 6.

**Cuadro 5.** ANCOVA con simulación de muestreo<sup>2</sup> Bootstrapping, estimación de los parámetros.

Parámetro	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilateral)	Intervalo de confianza al 95% de Bca	
					Inferior	Superior
Intercepto ( $\alpha$ )	18,384	0,66	1,16	0,001	16,165	20,914
Tratamiento	3,129	-0,69	1,941	0,112	-0,658	6,834
Tpro	-0,214	-0,002	0,039	0,001	-0,291	-0,146
Tpro*Tratamiento	-0,159	0,002	0,065	0,13	-0,29	-0,025

**Cuadro 6.** Medias Marginales estimadas.

Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%		Simulación de muestreo para media			
			Limite inferior	Limite superior	Sesgo	Error estándar	Intervalo de confianza al 95% Bca	
							Inferior	Superior
1	10,282	0,08	10,125	10,439	-0,003	0,077	10,122	10,421
2	11,945	0,078	11,791	12,1	0,002	0,088	11,779	12,121

<sup>2</sup> Los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo.

Al despejar el efecto de la covariable se obtienen promedio de producción de leche con un error reducido, siendo para el tratamiento 1 de 10,28 kg diario y para el tratamiento 2 de 11,95 kg diario, estos datos promediados se utilizan como base para el cálculo del costo unitario de producción de leche.

### **Análisis de los costos de producción**

Con la capacidad de instalación del módulo de FVH que poseía el productor y el promedio de rendimiento calculado por bandeja (2,53 kg) se obtiene un rendimiento mensual total de 542,11 kg de FVH (periodo B), posteriormente se instaló una segunda etapa que duplicó la producción, actualmente el productor posee una capacidad de producción de 1 084, 22 kg de FVH por mes. Es importante destacar el peso que tiene la semilla sobre el costo de producción de FVH con un 52.64%, como se observa en el Cuadro 7, siendo además un insumo vital, ya que semilla de calidad baja significa menores rendimientos, obsérvese el valor mínimo del Cuadro 1, derivado del uso de semilla de mala calidad, que repercute también el costo unitario del kg de FVH.

**Cuadro 7.** Costos de producción de FVH mensuales en colones.

<b>Costos Variables</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>
Labores manuales (incluye cargas sociales)	¢17 130,45	28,06%
Semilla (Precio de mercado)	¢32 142,86	52,64%
Insumos de desinfección	¢1 169,90	1,92%
<b>Costos Fijos</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>
Instalaciones y equipos (Depreciación)	¢9 284,91	15,21%
Electricidad (Agua propia)	¢1 329,97	2,18%
<b>Costo Total</b>	<b>¢61 058,08</b>	
<b>Costo Unitario por kg</b>	<b>¢112,63</b>	

Por otra parte, también se destaca que para la producción de FVH el factor humano es importante, y una adecuada capacitación para su producción ya que requiere de cuidados en todo su proceso de producción.

**Cuadro 8.** Costos de producción mensuales de leche periodo A (sin FVH) y periodo B (con FVH) en colones

Rubros	Periodo A sin FVH		Periodo B con FVH	
<b>Costos Variables</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>
Labores manuales (incluye cargas sociales)	276 387,15	33,92%	276 387,15	48,00%
Alimentación (Pasto de corta, potreros y complementos)	74 356,93	9,13%	49 815,91	8,65%
Concentrado	388 927,83	47,74%	113 478,26	19,71%
Forraje verde hidropónico (FVH)	-	0,00%	61 058,08	10,60%
Medicamentos	3 729,13	0,46%	3 729,13	0,65%
<b>Costos Fijos</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>	<b>Costo Total</b>	<b>%</b>
Instalaciones y equipos (Depreciación)	20 243,06	2,48%	20 243,06	3,52%
Potreros (Mantenimiento, depreciación)	51 080,80	6,27%	51 080,80	8,87%
<b>Costo Total</b>	<b>₡ 814 724,91</b>	<b>100%</b>	<b>₡ 575 792,40</b>	<b>100,00%</b>
<b>Costo Unitario por kg</b>	<b>₡176,08</b>		<b>₡ 107,12</b>	

El análisis de los costos de producción reflejan un dato importante en el ahorro de concentrado cuando se suministra FVH a las vacas en producción, durante el periodo A el concentrado fue el rubro que poseía mayor peso en la estructura de costos, reduciéndose significativamente en la estructura de costos del periodo B pasado de un 47,74% a un 19,71%, para ambos casos se trabaja con el promedio de vacas en producción (15) y los promedio de leche obtenidos en el Cuadro 6.

## Discusión

En términos de producción de FVH en la finca de estudio se destacan los buenos resultados obtenidos en comparación de estudios con un ambiente totalmente controlado y sustancias nutritivas (Maldonado-Torres et al., 2013; Salas-Pérez et al., 2010), esto debido al buen manejo que realizó el productor con el seguimiento de los procesos recomendados y consultas al equipo técnico ante los problemas que se presentaron durante todo el año de aprendizaje y producción constante.

En el aspecto nutricional, se destacan los valores de Proteína cruda y energía digerible igualmente comparables con estudios bajo ambientes controlados (Elizondo, 2005; Lopez Pascua & Mcfield Garcia, 2013; Maldonado-Torres et al., 2013; Ramírez Viquez, 2016; Rivera et al., 2010; Vargas-Rodríguez, 2007), así como sus otros aspectos nutricionales.

Los efectos en la producción de leche en ambos periodos de evaluación fueron notables, siendo que la cantidad de FVH provista fue baja (1,25kgs) en razón de las reco-

mendaciones del especialista en nutrición animal para la contextura y tipo de vacas, aun cuando se redujo la cantidad de concentrado brindado a las vacas en producción, aunque hacen falta más tiempo de estudio para respaldar estos resultados, se concuerda con lo señalado por diversos estudios recientes (Agius et al., 2019; Mohapatra et al., 2019) en términos en eficiencia del FVH.

Es importante tomar en cuenta que otras variables pueden jugar un papel importante en la producción, en este caso se decidió tomar la variable temperatura pues se reconoce su efecto en la producción de leche de manera significativa (Ekine-Dzivenu et al., 2020), los resultados muestran que el efecto de la covariable Tpro en la producción de leche es significativa, a razón de que un aumento en la temperatura, repercute negativamente en la producción de leche, además analizar variables como la calidad forrajera de los potreros, pasto de corta, y calidad de la leche una vez añadida la variable del complemento del FVH.

Es el aspecto económico, se logró observar una importante reducción de los costos de producción de leche, aun reconociendo la inversión inicial importante para la producción de FVH, principalmente en el sistema de riego, controlador de tiempos de apertura del agua, bomba y tanque de agua; no obstante, se requiere un análisis financiero robusto a largo plazo que refleje la rentabilidad de la inversión, y el beneficio económico de una posible comercialización del producto, este beneficio económico también es remarcado por diversos estudios (Agius et al., 2019; Hassan et al., 2016; Mohapatra et al., 2019).

## Conclusiones

La técnica o ciclo de procesos para la obtención de FVH posee diversas variaciones lo que conlleva a una alta exigencia técnica y de conocimiento desde la selección y preservación de la semilla, hasta la determinación de la cantidad de días que se dejará como óptimo para aprovechar la cantidad máxima de nutrientes, usando como criterio de decisión el porcentaje de proteína, para lo cual se requieren de más estudios “in situ” para determinar este componente en diferentes épocas del año y en diferentes etapas de crecimiento.

Se destaca el éxito tanto para suministrar la dosis adecuada de agua como por manejo de inocuidad y sanidad de las plántulas, se obtiene cuando el riego es nebulizado, con frecuencias altas, ante lo cual, sin un sistema de riego de programación por hora con espacios de segundos, no se alcanzan óptimos de germinación y homogenización en el desarrollo del FVH. Se observó la alta apetencia y preferencia de parte de los animales por este tipo de forraje.

En el aspecto económico, regularmente se compara con el precio del concentrado y en relación únicamente al indicador de materia seca, siendo más oneroso el FVH en

términos de este rubro, sin embargo, en la finca de estudio y con los resultados obtenidos se determina un buen sustituto al concentrado, con un gran ahorro en los costos de producción, sin eliminar totalmente el concentrado, no obstante, cabe señalar que se requieren análisis del efecto en aspectos fisiológicos de las vacas (el productor señala una mejora en este aspecto, sin embargo no se midió) y en la calidad de la leche.

Una de las preocupaciones comunes a los involucrados en la producción de FVH ha sido tanto la disponibilidad, como la calidad de la semilla, dado que estos aspectos determinan el porcentaje de germinación, el crecimiento de las plántulas, así como la inocuidad bacteriológica del forraje. Se confirma la recomendación de que sea el mismo productor del FVH quién también produzca la semilla o insumo de mayor valor, y seguir los protocolos de producción de manera eficiente para lograr óptimos resultados en rendimiento del FVH.

Como parte del estudio se realizaron giras de campo y charlas con la experiencia del productor como mecanismos de difusión de los resultados a otros productores de la región, no obstante, se remarca la necesidad de programas de capacitación adecuados por las instituciones pertinentes, siendo un elemento de gran interés, principalmente para familias que conservan actividades pecuarias, con poca disponibilidad de tierra, capacidad para innovar, uso de tecnologías y requerimiento de fuente de empleo familiar.

Por otra parte, se remarca la necesidad de estudios enfocados en el área de la zootecnia para evaluar de manera técnica elementos como la calidad de leche una vez introducido el forraje verde hidropónico, así como su efecto a nivel fisiológico en los animales, incluyendo elementos de elaboración de dietas incorporando el FVH, así como la medición de otras variables que pueden tener incidencia en el nivel de producción de leche, cuando se incorpora este tipo de suplementación.

## Literatura citada

Agius, A., Pastorelli, G., & Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: Effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 517–525. Scopus. <https://doi.org/10.5194/aab-62-517-2019>

AgroWin. (2011). Manual de costos de producción. InSoft Ltda. <http://www.agrowin.com/documentos/manual-costos-de-produccion/MANUAL-COSTOS-AGROWIN-CAP1-2y3.pdf>

Al-Karaki, G. N., & Al-Hashimi, M. (2012). Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions. *ISRN Agronomy*, 2012, 1–5. <https://doi.org/10.5402/2012/924672>

- Araújo, N. C. de, Coura, M. de A., Oliveira, R. de, Meira, C. M. B. S., & Rodrigues, A. C. L. (2020). Crescimento e proteína bruta de forragem hidropônica de milho fertilizado com urina humana e manipueira. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 721–735. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p721-735>
- Arias, R. A., Mader, T. L., & Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(1), 7–22. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Cuevas, C. F. (2010). *Contabilidad de costos: Enfoque gerencial y de gestión*. Prentice Hall.
- Ekine-Dzivenu, C. C., Mrode, R., Oyieng, E., Komwihangilo, D., Lyatuu, E., Msuta, G., Ojango, J. M. K., & Okeyo, A. M. (2020). Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate. *Livestock Science*, 242. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314>
- Elizondo, J. (2005). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *Revista ECAG*, 32, 36–39.
- García-Carrillo, M., Salas-Pérez, L., Esparza-Rivera, J. R., Preciado-Rangel, P., & Romero-Paredes, J. (2013). Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 169–176. <https://doi.org/10.15517/am.v24i1.9794>
- Hassan, M. B., Shafiq, F. A., Mokhtar, S., & El-Agroudy, N. M. (2016). An economic study for the alternatives of traditional fodder. *International Journal of ChemTech Research*, 9(10), 1–9. Scopus.
- Herrera-Torres, E., Cerrillo-Soto, M. A., Juárez-Reyes, A. S., Murillo-Ortiz, M., Ríos-Rincón, F. G., Reyes-Estrada, O., & Bernal-Barragán, H. (2010). Effect of harvest time on the protein and energy value of wheat hydroponic green fodder. *Interciencia*, 35(4), 284–289. Scopus.
- Hollander, M., Wolfe, D. A., & Chicken, E. (2013). *Nonparametric Statistical Methods*. John Wiley & Sons.
- Hornngren, C. T., Datar, S. M., Rajan, M. V., Gómez Mont Araiza, J., & Hornngren, C.

- T. (2012). Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial (14. ed). Pearson Educación.
- IBM Corp. (2015). IBM SPSS Statistics for Windows (23.0) [Computer software]. IBM Corp.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (Costa Rica) (Ed.). (2015). VI censo nacional agropecuario. INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Lopez Pascua, P., & Mcfield Garcia, S. E. (2013). Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (zea mays) variedad NB6, en un invernadero no tradicional [Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.una.edu.ni/2751/1/tnf04l864l.pdf>
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., & Rodríguez-Quezada, G. (2009). Hydroponic green fodder (HGF): An alternative for cattle food production in arid zones. *Interciencia*, 34(2), 121–126. Scopus.
- Maldonado-Torres, R., Álvarez-Sánchez, Ma. E., Cristobal-Acevedo, D., & Ríos-Sánchez, E. (2013). MINERAL NUTRITION OF HYDROPONIC GREEN FORAGE. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XIX(2), 211–223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.053>
- MINAE, & IMN. (2013). Descripción del clima. Cantón de Upala. Instituto meteorológico nacional. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/DescripciondelClimaSERIE/DescripcionClimaCantonUpala/html5/index.html?page=1&noflash>
- Mohapatra, K. K., Mohapatra, S., Ekka, R., Behera, R. C., & Mohanta, R. K. (2019). Variations in Round-the-Year Fodder Production in a Low-Cost Hydroponic Shed. *National Academy Science Letters*, 42(5), 383–385. <https://doi.org/10.1007/s40009-018-0764-5>
- Mora-Agüero, C. E. (2009). Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3945>
- Morales, D., Jiménez, L., Burneo, J., & Capa Mora, E. D. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21, 1–16. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_)

art:1386

- Perfetti, J. J., Escobar, D., Castro, F., Cuervo, B., Rodríguez, M., Vargas, J., Martínez, S., & Cortés, S. (2012). Costos de producción de doce productos agropecuarios. FEDESARROLLO. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/378>
- Polimeni, R. S., Stevens, M., & Adelberg, A. H. (1991). *Cost accounting: Concepts and applications for managerial decision making* (3. ed). McGraw-Hill.
- Ramírez Víquez, C. A. (2016). Efecto de la nutrición sobre la calidad del forraje verde hidropónico en la zona de Alajuela, Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3894>
- Rivera, A., Moronta, M., González-Estopiñán, M., González, D., Perdomo, D., & García, D. E. (2010). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia tropical*, 28(1), 33–41.
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., de, V., Álvarez-Reyna, P., Palomo-Gil, A., & Rodríguez-Dimas, N. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. 6.
- Sánchez-Laiño, A., Meza-Chica, A., Álvarez-Tubay, A., Rizzo-Zamora, L., & Guadalupe-Puente, Á. (2010). Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) deshidratado en el engorde de conejos Nueva Zelanda (*Oryctolagus cuniculus*). *Revista Ciencia y Tecnología*, 3(2), 21–23.
- Vargas-Rodríguez, C. F. (2007). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 233–240. <https://doi.org/10.15517/am.v19i2.5005>
- Wilcox, R. R. (2011). *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing*. Academic Press.

Artículo

## Optimización del costo de alimentación para ganado de engorde en Guanacaste, Costa Rica

Feed cost optimization for fattening cattle in Guanacaste, Costa Rica

Johanna Solórzano Thompson<sup>1</sup>

David Barboza Navarro<sup>2</sup>

Ana Patricia Vásquez Soto<sup>3</sup>

Javier Paniagua Molina<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 6 de abril, 2021

Fecha de aprobación: 8 de setiembre, 2021

**Vol.8 N° 1 Enero- junio 2022**

Solórzano, J., Barboza, D., Vásquez, P. y Paniagua, J. (2022). Optimización del costo de alimentación para ganado de engorde en Guanacaste, Costa Rica. *Revista e-Agronegocios*, 8(1). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5654>

 DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5654>

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

Correo: [johanna.solorzano@ucr.ac.cr](mailto:johanna.solorzano@ucr.ac.cr)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0276-6849>

<sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica. Correo: [josdavbn@gmail.com](mailto:josdavbn@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5444-3814>

<sup>3</sup> Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica. Correo: [patrivs@gmail.com](mailto:patrivs@gmail.com).

Este trabajo formó parte del trabajo final de graduación (TFG) para optar por el grado de Máster en Gerencia Agroempresarial de la autora Ana Patricia Vásquez.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7191-629X>

<sup>4</sup> Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

Correo: [javier.paniagua@ucr.ac.cr](mailto:javier.paniagua@ucr.ac.cr)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-5437>



## Resumen

La carne bovina es una fuente importante de proteína animal en los hogares costarricenses, cuya cadena de producción se enfrenta al desafío de utilizar eficientemente los recursos escasos a través de la mejora continua de sus procesos productivos y, a la vez, ofrecer la calidad que el mercado demanda, sin perjudicar su rentabilidad.

El objetivo de esta investigación es establecer un modelo matemático que permita minimizar el costo de alimentación para el engorde de ganado a partir de una dieta a base de forrajes, subproductos y otros suplementos, en una finca ubicada en Cañas, Guanacaste, Costa Rica.

Se utilizó el método de programación lineal sujeto a restricciones según costo y disponibilidad de diferentes alimentos en la zona. Lo anterior permitió obtener diferentes combinaciones de insumos alimenticios al mínimo costo, que garantizan alcanzar los niveles nutricionales requeridos para lograr la ganancia diaria de peso establecida como meta.

Los resultados demostraron que, a través del modelo matemático, es posible calcular raciones que garanticen los requerimientos nutricionales necesarios para diferentes objetivos de ganancia de peso diaria, con impacto financiero en la estructura de costos, ya que se optimiza la utilización de los recursos alimenticios disponibles en la zona, los cuales presentan una dinámica cambiante en el corto plazo por temas estacionales y de mercado. Por lo tanto, esta combinación de ingredientes en la dieta de los bovinos, permite disminuir el costo de

producción por kilogramo y el tiempo de los ciclos productivos para alcanzar el peso requerido de los animales para salir al mercado. Debido a la importancia del costo de la alimentación en el ganado de engorde, el control de la suplementación es fundamental, tanto de la cantidad como de la calidad de la nutrición.

**Palabras clave:** alimentación bovina, eficiencia, pastoreo racional, programación lineal, requerimientos nutricionales.

## Abstract

Bovine meat is an important source of animal protein in Costa Rican households whose production chain faces the challenge of efficiently using scarce resources through the continuous improvement of their production processes and, at the same time, offering the quality that the market demands, without hurting your profitability.

The objective of this research is to establish a mathematical model that allows minimizing the cost of feeding for the fattening of cattle from a diet based on forages, by-products and other supplements, in a farm located in Cañas, Guanacaste, Costa Rica.

The linear programming method was used subject to restrictions according to cost and availability of different foods in the area. This made it possible to obtain different combinations of food inputs at the minimum cost, which guarantee to reach the nutritional levels required to achieve the daily weight gain established as a goal.

The results showed that, through the mathematical model, it is possible to calculate rations that guarantee the nutritional requirements necessary for different objectives of daily weight gain, with a financial impact on the cost structure, since the use of available food resources is optimized in the area, which present a changing dynamic in the short term due to seasonal and market issues. Therefore, this combination of ingredients in the bovine diet allows to reduce the cost of production per kilogram and the time of the productive cycles to reach the required weight of the animals to go on the

market. Due to the importance of the cost of feeding in fattening cattle, the control of supplementation is essential, in terms of both quantity and quality of nutrition.

**Keywords:** bovine feeding, efficiency, rational grazing, linear programming, nutritional requirements.

## Introducción

La producción de carne a nivel mundial se quintuplicó entre 1960 y 2017, hasta alcanzar 330 millones de toneladas en peso de canal (FAO, 2016). Para el 2018 se incrementó a 342 millones de toneladas y en el 2019 se presentó una disminución de 2,6%, afectada por la reducción en la producción de carne de cerdo en Asia y bovina en Estados Unidos y Australia (FAO, 2020). Las proyecciones para el período 2020-2021 prolongaban la tendencia a la baja con una reducción de 1,7% con respecto al 2019, que pudo agravarse por los efectos negativos de la pandemia mundial por COVID-19 (FAO, 2020).

La pandemia ha generado un escenario de incertidumbre para las proyecciones en el mercado de alimentos. Con respecto al consumo per cápita mundial de carne de res, se estima un incremento anual de 5% en el período 2019-2029, con una mayor participación de los países en vías de desarrollo en la demanda, por el crecimiento de la población y el ingreso promedio (Ritchie, 2019). Se espera que los gustos y preferencias de consumo, y la percepción hacia los efectos secundarios de sistemas productivos sobre el ambiente y de bienestar animal en el comercio mundial, marquen las proyecciones del sector agrícola en los próximos diez años (OCDE y FAO, 2020).

En Costa Rica, la carne bovina es una de las principales fuentes de proteína animal. En 2017 se registró una frecuencia de consumo de una y dos veces por semana en hogares costarricenses, con un promedio por hogar de 2,2 kg semanales; la provincia de Guanacaste encabezó la lista con 2,6 kg (CORFOGA, 2017). Mientras que la estimación de consumo aparente per cápita fue de 10,78 kg, con variaciones mínimas de 0,3% hasta el 2019 (CORFOGA, 2020). Estas condiciones de consumo recaen sobre los retos de producción de carne bovina en el país, la cual se basa principalmente en la alimentación con forrajes de pastoreo y rotación planificada.

El más reciente Censo Nacional Agropecuario registró cerca de 37 mil fincas de ganado vacuno en 2014, el mayor hato para producción de carne se concentraba en Guanacaste (INEC, 2015). Las fincas ganaderas se caracterizaban por una reducida extensión y baja densidad (cabezas de ganado por hectárea), el 43% tenían una extensión menor a 10 ha y el 81% menor a 50 ha, con un rango promedio de 20 a 30 ha (INEC, 2015).

La ganadería costarricense es extensiva y poco tecnificada, y resulta difícil migrar a sistemas estabulados de manera inmediata, ya que el costo de alimentación podría representar hasta el 80% de los costos productivos (Hernández et al., 2016). Ante este panorama, es necesario planificar y mejorar el manejo de las fincas ganaderas, especialmente en Guanacaste, si se desea aprovechar al máximo la incidencia de radiación solar sobre las pasturas y la disponibilidad del recurso hídrico que provee el Distrito de

## Riego Arenal Tempisque (DRAT)<sup>1</sup>.

La Programación Lineal (PL) se ha utilizado para planificar la producción, los niveles de ingresos y las interacciones económicas de diversos sistemas de producción bovina (Botero, 2003). Una de sus ventajas recae sobre la capacidad para evaluar diversos escenarios simulados con base en indicadores de rentabilidad (Holmann y Rivas, 2005).

En la producción de ganado de engorde existen factores que limitan y condicionan la etapa final de crecimiento de los animales, tales como la edad del destete, la raza, las condiciones ambientales y de manejo, pero el más relevante es la alimentación, de ahí la importancia de formular efectivamente la ración alimenticia (García et al., 1998). Una formulación inadecuada podría provocar pérdida de dinero en el sistema productivo, tanto por la subalimentación como por la sobrealimentación: primero porque se alarga el tiempo de estadía del bovino en el sistema y segundo porque se genera un desperdicio de alimentos.

Para solventar esta problemática, la PL facilita la formulación de raciones al mínimo costo, la optimización del ciclo productivo y la maximización de utilidades (Zgajnar et al., 2010). En Argentina se elaboró un modelo de optimización para el engorde de bovinos en pastoreo que priorizó el uso de suplementos en las primeras etapas de crecimiento debido a la mayor eficiencia de conversión, una reducción en el tiempo de finalización del novillo y un incremento en el margen bruto de ganancia (García et al., 1998).

También se ha evaluado la conveniencia de sustituir el grano de maíz por avena como suplemento en sistemas estabulados (De Gaetano, 2018). Esta investigación demostró el beneficio técnico y económico de sustituir los granos a diferentes niveles en la ración, aunque si el precio del maíz era menor, el modelo priorizaba su incorporación en la ración (De Gaetano, 2018). Por su parte, Soto y Reinoso (2012) abordaron la formulación de raciones al mínimo costo con restricciones sobre el consumo de materia seca y otros nutrientes suministrados en Uruguay, país que se ha caracterizado por su producción ganadera bajo sistemas de pastoreo.

La investigación de Widiati (2006) aportó un importante avance en la aplicación de PL, con la optimización de recursos en sistemas con múltiples actividades sujetos al incremento de la rentabilidad. Los resultados delimitan el área de terreno que se debe destinar para cada actividad productiva hasta alcanzar un aumento del 85% en la rentabilidad, que se vio beneficiada principalmente por la venta de novillos a su edad óptima (Widiati, 2006).

<sup>1</sup> Se recomienda consultar SENARA (2020).

La programación lineal también ha sido aplicada en la producción de lácteos. En Perú se utilizó para optimizar las ganancias en la producción de leche de pequeños y medianos productores (Acero, 2017). También se implementó para medir la influencia de la maximización de la producción de derivados lácteos sobre la utilidad (De la Cruz, 2017), medir el impacto de los cambios tecnológicos sobre los resultados económicos de empresas lecheras (Ariza, 2020), caracterizar las interacciones que optimizan la producción lechera (Cursack et al., 2008) y determinar los efectos de la cadena de suministro sobre la producción bovina (Terán, 2015).

En vista de lo discutido hasta el momento, existe evidencia que respalda el uso de métodos cuantitativos para optimizar costos o utilidades en unidades de producción agropecuaria, sin embargo, la literatura disponible no ha logrado determinar un modelo de optimización de costos para la producción de ganado en Costa Rica. Por lo tanto, en este artículo se sugiere un modelo de optimización del costo de alimentación para engorde de ganado de carne a partir de una dieta a base de forrajes y otros suplementos en una finca ubicada en Cañas, Guanacaste.

## Referente teórico

La PL es una herramienta de análisis cuantitativo y modelación matemática, que ayuda en la planeación y la toma de decisiones respecto a problemas básicos de la economía como la asignación eficiente de recursos (Render et al., 2012). Chase y Jacobs (2014) la describen como un conjunto de técnicas matemáticas para asignar, en forma óptima, los recursos limitados a distintas demandas de diferentes unidades que compiten por ellos. Para plantear un problema de optimización se deben cumplir una serie de condiciones básicas, a saber (Chase y Jacobs, 2014): a) tener recursos limitados; b) tener un objetivo explícito; c) debe existir linealidad entre los recursos y el producto final; d) debe existir homogeneidad; e) debe existir divisibilidad, ya que supone que los productos y recursos se pueden subdividir en fracciones.

Además de las condiciones descritas anteriormente, las variables de decisión no pueden ser negativas, los criterios para seleccionar los mejores valores de las variables de decisión pueden ser descritos como una función lineal y las reglas de funcionamiento del modelo pueden expresarse como un conjunto de igualdades o desigualdades lineales (Render et al., 2012).

En los modelos de PL se define una función objetivo, que representa aquello que se desea optimizar, sujeta a las variables de decisión, que no se conocen y quedan definidas para lograr la optimización (Izar, 1996). El modelo también incorpora restricciones que delimitan el problema, como la cantidad de materia prima para la formulación de una ración alimenticia, y restricciones implícitas, que son aquellas ocultas en el problema, pero que deben ser tomadas en cuenta en el planteamiento y la resolución, como la no negatividad (Izar, 1996).

Para resolver problemas de optimización, George Dantzing desarrolló el método simplex, que se caracteriza por su versatilidad y por permitir incorporar un elevado número de variables y restricciones (Izar, 1996). Este es un proceso matricial iterativo para manejar variables no negativas que toma como posible solución uno de los vértices partir del origen, es decir, en las siguientes iteraciones el simplex se mueve hacia otros vértices hasta encontrar el óptimo, que sucede cuando un vértice tiene mejor valor de la función objetivo que los dos vértices adyacentes próximos (Izar, 1996).

## Metodología

El estudio de caso se ubica en Cañas de Guanacaste, en una finca de engorde de novillos vacunos con pastoreo racional distribuidos en 28 lotes. Cada lote tiene una extensión promedio de 3 100 m<sup>2</sup> con pasto Mombaza (*Panicum maximum*), cercas eléctricas, sistema de riego por aspersión, fertirriego programado<sup>2</sup> y manejo controlado de malezas, plagas y enfermedades. Para la fecha del estudio se contaba con 51 cabezas de ganado, principalmente de las razas Brangus, Brahman y Nelore, que pastoreaban cerca de 17 horas diarias, con refugio bajo sombra (en una extensión de 600 m<sup>2</sup>) en las horas de mayor radiación solar<sup>3</sup>, y suministro de agua y alimento de acuerdo con los requerimientos nutricionales. Estas condiciones se implementaron para obtener la mayor ganancia diaria de peso (GDP) posible en los animales, ya que la calidad nutricional de las pasturas varía en las épocas lluviosa y seca.

## Fuentes de información

Se utilizó información proveniente de los análisis bromatológicos<sup>4</sup> de las pasturas, el precio de las materias primas en comercios aledaños a la finca y requerimientos nutricionales de los bovinos a diferentes pesos para alcanzar una determinada GDP. Se asumió con criterio de experto, que la empresa contaba con sistemas de planificación de actividades, registros suficientes de control y manejo estandarizado para minimizar las variaciones en la calidad de las pasturas según la época del año.

Con los resultados de los análisis bromatológicos se realizó una predicción del consumo de los nutrientes del pasto en novillos y toretes de engorde, que permitió determinar las materias primas necesarias para la suplementación en función del manejo alimenticio, el aporte nutricional y su disponibilidad. Dentro de las materias primas para la suplementación, se consideraron productos derivados de maíz, soya y arroz, acemite

<sup>2</sup> Aplicación de fertilizantes por medio de los sistemas de riego.

<sup>3</sup> Periodo comprendido entre las 8:00 am y las 3:00 pm.

<sup>4</sup> Análisis físico-químico de la materia que compone a los nutrientes de las dietas para animales.

de trigo, pulpas de naranja y piña, harina de coquito, melaza, grasa sobrepasante, urea azufrada y harina de tilapia, minerales como calcio y fósforo vitaminado, fosfato mono-cálcico y algunos concentrados de engorde y mantenimiento preparados.

Para determinar los requerimientos nutricionales según peso vivo (PV) y GDP del animal, se utilizaron como base los componentes y cantidades estimadas por Cerdas-Ramírez (2013), además de su criterio de experto según la zona geográfica y la pastura implementada (R. Cerdas-Ramírez, comunicación personal, 2017). Cabe destacar que, la producción por pastoreo racional y el uso de una única especie forrajera, mejoran la precisión en las estimaciones de contenidos nutricionales de la base alimenticia para calcular la suplementación necesaria de los animales.

Los requerimientos nutricionales del ganado de engorde se basan en cuatro elementos fundamentales: el peso del animal al entrar al sistema de producción, la GDP objetivo, la condición fisiológica y el medio en que se desarrolla el bovino (temperatura, distribución de potreros, áreas sociales, bebederos y comederos) (R. Cerdas-Ramírez, comunicación personal, 2017).

### **Supuesto del modelo**

El modelo de optimización cuantifica la combinación de materias primas de menor costo para alcanzar los requerimientos nutricionales del engorde de los semovientes bajo los siguientes supuestos:

- a) El peso vivo de los animales varía en un rango de 200 a 450 kg con una GDP de 0,5 a 2 kg.
- b) Los requerimientos nutricionales no consideraron condiciones de clima, distancias recorridas, tasa de bocado y cantidad de barro en las patas del animal.
- c) Los animales consumen el 2% de la ración de materia seca en el tiempo de pastoreo, dada la calidad del pasto, el manejo rotacional y la selectividad natural de consumo.
- d) La disponibilidad de cantidad y calidad del pasto está dada por un manejo agro-nómico estandarizado adecuado, así como el control de la carga animal.
- e) El análisis bromatológico y los proximales de los alimentos cuentan con información fidedigna para el modelo.

f) El precio de venta de las materias primas incluye el transporte a la finca con un viaje semanal, una distancia de 4,5 km al centro de Cañas y un costo total de 14,16 USD<sup>5</sup>.

## **Función objetivo**

Es la combinación de los productos alimenticios que satisfacen los requerimientos nutricionales de los bovinos y cumplen con un mínimo costo por ración. La función que minimiza los costos es la siguiente:

$$F(MC) = \sum P_i * Q_i \tag{1}$$

Donde,  $P_i$  es el precio de cada materia prima incluida en el modelo y  $Q_i$  la cantidad requerida de cada materia prima.

## **Restricciones de la función objetivo**

La función objetivo está sujeta a las siguientes restricciones nutricionales técnicas y de capacidad ruminal del bovino:

**Cuadro 1.** Restricciones nutricionales según peso vivo (PV) y ganancia diaria de peso (GDP)

<b>Restricción</b>	<b>Descripción</b>	
$EN \leq \sum EN_i * Q_i$	$EN$ es la energía total requerida en Mcal/kg; $EN_i$ es el aporte de energía neta de cada materia prima; $Q_i$ es la cantidad suministrada de cada materia prima.	(2)
$PM \leq \sum PM_i * Q_i$	$PM$ es la proteína metabolizable total requerida en gramos/kg; $PM_i$ es el aporte de energía de cada materia prima.	(3)
$PC \leq \sum PC_i * Q_i$	$PC$ es la proteína cruda total requerida en gramos/kg; $PC_i$ es el aporte de proteína cruda de cada materia prima.	(4)
$Ca \leq \sum Ca_i * Q_i$	$Ca$ es el calcio total requerido en gramos/kg; $Ca_i$ es el aporte de calcio de cada materia prima.	(5)
$P \leq \sum P_i * Q_i$	$P$ es el fósforo total requerido en gramos/kg; $P_i$ es el aporte de fósforo de cada materia prima.	(6)

<sup>5</sup> 5 Dólares Estadounidenses. Tipo de cambio a 565 Colones por USD al día 20 de setiembre de 2017.

El saldo de los requerimientos nutricionales lo constituyen las diferencias entre el aporte de la pastura y los requerimientos necesarios indicados por Cerdas-Ramírez (2013) para alcanzar la GDP según el peso promedio del animal.

**Cuadro 2.** Restricciones de capacidad ruminal del bovino según peso vivo (PV) y ganancia diaria de peso (GDP).

Restricción	Descripción
$MS = 4,54 + 0,0125PV$	$MS$ es la materia seca total requerida en kg/día; $PV$ es el peso vivo del animal. (7)
$FC \leq \left( \sum FC_i * Q_i \right) * 0,2 * MS$	$FC$ es la fibra cruda total requerida en gramos/kg; $FC_i$ es el aporte de fibra cruda de cada materia prima; $MS$ es la materia seca (8)

Las necesidades nutricionales de cada animal se deben satisfacer de acuerdo con una cantidad de materia seca y fibra cruda en la ración, definida por el peso vivo del animal.

**Cuadro 3.** Restricciones técnicas según peso vivo (PV) y suplementación total (ST).

Materia prima	Restricción	Materia prima	Restricción
Maíz amarillo (A)	$A \leq 0,40ST$	Cascarilla de soya peletizada (I)	$I \leq 0,13ST$
Aceite de trigo (B)	$B \leq 0,14ST$	Grasa sobrepasante (K)	$K \leq 0,03ST$
Harina de coquito (C)	$C \leq 0,08ST$	Melaza (L)	$L \leq 0,01PV$
Destilados de maíz (D)	$D \leq 0,10ST$	Pulpa de piña (M)	$M \leq 0,05ST$
Semolina de arroz (E)	$E \leq 0,10ST$	Pulpa de naranja (N)	$N \leq 0,05ST$
Semolina de maíz (F)	$F \leq 0,10ST$	Harina de tilapia (O)	$A \leq 0,04ST$
Puntilla de arroz (G)	$G \leq 0,01PV$	Concentrado de mantenimiento (CM)	$CM \leq 0,50ST$
Urea granular 46% (H)	$H \leq 0,09kg/día$	Concentrado de engorde (CE)	$CE \leq 0,50ST$

Para el total de materias primas que se incluyen en las restricciones del modelo de optimización, se consideraron 12 diferentes proveedores en las intermediaciones de la finca. También se tomó en cuenta el contenido nutricional del pasto Mombaza según los resultados de análisis bromatológicos de la pastura (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Contenido nutricional del pasto Mombaza y su participación en la ración total diaria.

Contenido nutricional	Aporte por kg	Aporte por ración
Energía neta (Mcal)	1,40	11,80
Proteína metabolizable (g)	7,80%	685,50
Proteína cruda (g)	11,70%	982,80
Calcio (g)	0,25%	21,00
Fósforo (g)	0,39%	32,80
Fibra cruda (kg)	25,00%	2,10
Materia seca	25,00%	8,40

### *Variación en la ganancia operativa*

Después de obtener la ración alimenticia al mínimo costo que satisface los requerimientos nutricionales de los animales, se realizó un análisis de la variación en la ganancia operativa total monetaria de la finca en un año calendario, para lo cual se asumió que:

- a) Se incorporan al sistema 51 animales cada ciclo productivo con un peso promedio de 300 kg en condiciones fisiológicas y genéticas adecuadas.
- b) La ración alimenticia sin optimización es constante, con una GDP de 0,70 kg por animal (21 kg de ganancia mensual de peso (GMP)), al igual que el precio y las cantidades suplementadas.
- c) La ración alimenticia optimizada varía en función de los requerimientos nutricionales con una GDP de 1,30 kg por animal (39 kg de GMP).
- d) La calidad del pasto no cambia a lo largo del año.
- e) El rango ideal de peso promedio de salida al mercado es de 495 kg a 510 kg por animal.
- f) Los costos operativos de la empresa son constantes.

## Resultados

El modelo de optimización calculó el aporte del pasto para cada ración, una vez que se definió la capacidad de consumo máximo del animal en base seca según su PV. En este caso, el saldo que resulta de la diferencia entre la ración total y el aporte del pasto, es la cantidad de contenido nutricional faltante en la ración que se suplementará al mínimo costo, mientras que los componentes nutricionales se calcularon según el PV y la GDP estimadas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Resultados de la programación lineal, saldo de suplementación diario según el aporte nutricional de la pastura.

	Consumo máximo	Ración total	Aporte del pasto	Saldo de suplementación
<b>Base seca</b>	Fibra cruda máxima (kg)	2,00	2,10	0,00
	Materia seca máxima (kg)	9,80	8,40	1,40
	Requerimientos nutricionales	Según PV y GDP	Aporte del pasto	Saldo de suplementación
<b>Requerimientos nutricionales</b>	Energía neta (Mcal)	13,57	11,76	1,81
	Proteína metabolizable (g)	680,84 <sup>1</sup>	658,48	22,36
	Proteína cruda (g)	995,26	982,80	12,46
	Calcio (g)	35,58	21,00	14,58
	Fósforo (g)	32,66	32,76	0,00
	Fibra cruda (kg)	2,00	2,10	0,00
	Materia seca (kg)	9,80	8,40	1,40

<sup>1/</sup> Dato correcto ajustado.

Los resultados de la optimización indican la cantidad, el tipo, el proveedor y el precio de los alimentos, que minimizan el costo de la ración que satisface los requerimientos nutricionales (Cuadro 6). De toda la variedad de materias primas consideradas, con sus condiciones nutricionales particulares y precio de venta, el modelo selecciona únicamente tres materias primas, un concentrado de engorde y uno de mantenimiento, que suplementan la ración balanceada para los animales con un costo mínimo de 0,37 USD diarios por animal y una GDP de 1,3 kg.

**Cuadro 6.** Resultado de la programación lineal y costos de la ración diaria por animal.

Suplemento	Proveedor	Precio (USD/kg)	Costo diario	
			kg	USD
Semolina de maíz	P6	0,31	0,08	0,02
Grasa sobrepasante	P6	1,22	0,04	0,05
Harina de tilapia	P10	0,66	0,06	0,04
Concentrado de engorde	P1	0,31	0,19	0,06
Concentrado de mantenimiento	P2	0,29	0,69	0,20
<b>Costo mínimo total (USD)</b>				<b>0,37</b>

Para comprobar los requerimientos del modelo de optimización con el aporte total de la suplementación y el pasto, se analiza la diferencia de cada componente nutricional en la ración alimenticia total para un peso promedio de 420 kg por animal y una GDP de 1,3 kg (Cuadro 7). Los componentes que presentan una diferencia porcentual igual a cero cumplen efectivamente la condición, los que muestran una diferencia mayor que cero aportan más de lo requerido (superávit) y los que indican una diferencia menor que cero aportan menos de lo requerido (déficit).

Para demostrar la optimización se compararon los resultados con la suplementación alimenticia utilizada en la finca previo a esta investigación, misma que se basaba en el suministro de melaza, destilado de maíz, urea y otros minerales, con un costo diario de 0,29 USD por animal.

**Cuadro 7.** Comparación de requerimientos nutricionales en dos escenarios con y sin programación lineal (PL).

	Componente	Requer.	Aporte			Diferencia	
			Pasto	Suplem.	Total	Neta	%
<b>Escenario con PL</b>	Energía total	13,57	11,76	1,81	13,57	0	0
	Proteína metabolizable	680,84	658,48	91,95	750,43	-69,59	9
	Proteína cruda	995,26	982,80	137,24	<sup>1</sup> 120,04	-124,78	11
	Calcio	35,58	21,00	14,58	35,58	0	0
	Fósforo	32,66	32,76	5,35	38,11	-5,45	14
	Materia seca	9,79	8,40	1,24	9,64	0,15	-2
	Fibra cruda	1,96	2,10	0,08	2,18	-0,23	10
<b>Escenario sin PL</b>	Energía total	13,57	11,76	1,31	13,07	0,50	- 0,04
	Proteína metabolizable	680,84	714,76	78,36	793,12	-112,28	0,16
	Proteína cruda	995,26	<sup>1</sup> 066,80	116,96	<sup>1</sup> 183,76	-188,50	0,16
	Calcio	35,58	21,00	1,05	22,05	13,53	- 0,61
	Fósforo	32,66	32,76	2,97	35,73	-3,08	0,09
	Materia seca	9,79	8,40	0,97	9,37	0,42	- 0,04
	Fibra cruda	1,96	2,10	0,02	2,12	-0,16	0,08

La ración alimenticia balanceada por animal en un escenario con optimización tiene un costo 27,59% mayor que la ración utilizada previamente, aunque la GDP es 85,71%. Comparativamente, el costo por kilogramo de GDP en el escenario sin PL es de 0,42 USD y con la implementación del modelo disminuye a 0,28 USD.

### **Variación en la ganancia operativa**

Si en la finca se implementan el modelo de optimización sugerido, la empresa incurriría en costos de suplementación 75% mayores que en un escenario sin modelación (Cuadro 8). Sin embargo, con el supuesto del rango de peso ideal promedio por animal de 495 kg a 510 kg como requisito para salir al mercado, en el escenario con PL se contaría con dos ciclos de producción de 51 cabezas de ganado por ciclo en un año calendario, es decir, el ganado permanecería en la finca 6 meses. Mientras que en el escenario sin PL el ciclo de producción tiene una extensión temporal de 11 meses.

**Cuadro 8.** Variación de los costos de suplementación en dos escenarios con y sin programación lineal (PL) a diferentes niveles de peso.

Rubro	Escenario con PL			Escenario sin PL		
GDP	1,30 kg			0,70 kg		
GMP	39,00 kg			21,00 kg		
Mes	Peso por animal (kg)	Costo diario por animal (USD)	Costo mensual de la finca (USD)	Peso por animal (kg)	Costo diario por animal (USD)	Costo mensual de la finca (USD)
1	300	0,96	1 462,00	300	0,29	443,70
2	339	0,63	966,03	321	0,29	443,70
3	378	0,46	633,09	342	0,29	443,70
4	417	0,37	572,08	363	0,29	443,70
5	456	0,34	517,64	384	0,29	443,70
6	495	0,34	517,64	405	0,29	443,70
7	300 <sup>a</sup>	0,96	1 462,00	426	0,29	443,70
8	339	0,63	966,03	447	0,29	443,70
9	378	0,41	633,09	468	0,29	443,70
10	417	0,37	572,08	489	0,29	443,70
11	456	0,34	517,64	510	0,29	443,70
12	495	0,34	517,64	300 <sup>A</sup>	0,29	443,70
	<b>Costo total (USD)</b>		<b>9 336,95</b>	<b>Costo total (USD)</b>		<b>5 324,50</b>

<sup>a/</sup> Inicio de un nuevo ciclo productivo.

Si se asume un precio de subasta de 2,27 USD/kg, el incremento en la ganancia operativa anual de la empresa es de 21 372 USD en el escenario con PL, es decir, 87,99% mayor (Cuadro 9). Además, se ofrece al consumidor una carne más saludable y de mayor calidad, debido a la salida de los animales al mercado con una menor edad en comparación con un escenario sin optimización.

**Cuadro 9.** Variación de la ganancia operativa anual en dos escenarios con y sin programación lineal (PL).

Rubro	Escenario con PL	Escenario sin PL
Ingresos (USD)	54 999,00	29 615,00
Peso (kg)	24 200,00 <sup>1</sup>	13 031,00
Ingreso unitario (USD/kg)	2,27	2,27
Costo de suplementación (USD)	9 336,95	5 324,50
<b>Ganancia operativa (USD)</b>	<b>45 662,00</b>	<b>24 290,00</b>

<sup>1/</sup> Con base en una GDP de 1,3 kg, 51 animales y 365 días.

## Discusión

En la finca se suplementaba una ración alimenticia desbalanceada debido al déficit de minerales. Además, la ración estaba compuesta por urea sin azufre. Estos componentes deben adicionarse en conjunto para lograr que las bacterias del rumen sintetizen los aminoácidos azufrados que facilitan la incorporación de proteínas al cuerpo (R. Cerdas-Ramírez, comunicación personal, 2017).

Con respecto a las condiciones de la capacidad ruminal del animal con la implementación del modelo de PL, las variaciones en la materia seca (aporte 2% menos de lo establecido) y la fibra cruda (aporte 10% más de lo establecido) son válidas, ya que el 15% de la variación puede ser compensada con la falta de certeza del consumo del 2% de materia seca de los animales en el potrero, y otros criterios no contemplados como la distancia de desplazamiento de los animales, las condiciones de estrés por el clima y el tamaño del bocado (Cerdas-Ramírez, 2013).

Implementar la ración balanceada sugerida reduciría el costo por kilogramo de GDP en un 33% aproximadamente, lo que podría traer mayores beneficios que el simple hecho de la reducción, pues los animales en engorde podrán alcanzar un peso meta determinado en un menor lapso de tiempo, que propicia su pronta salida al mercado y genera mayor flujo de efectivo para la empresa. La importancia del flujo de efectivo en una empresa agropecuaria radica en la disponibilidad monetaria, para cubrir los costos diarios de producción establecidos o que surjan en un momento determinado, y la disponibilidad de invertir según las condiciones de liquidez (Armijos, 2018).

Al igual que De Gaetano (2018), en esta investigación la programación lineal permitió la formulación de una ración balanceada en la que se prioriza la incorporación de ciertas materias primas sobre otras que, por lo general, aportan menores beneficios alimenticios o se encuentran en el mercado a un mayor precio. Esta investigación se enfocó en tres de las ventajas de la PL en sistemas productivos: 1) la asignación correcta de recursos, 2) el mínimo costo y 3) el incremento de la ganancia (García et al., 1998). Su efectividad podría generar otro tipo de beneficios como la mejora en la toma de decisiones operativas y administrativas de manera objetiva y respaldada en métodos cuantitativos.

## Conclusiones

El modelo de optimización desarrollado a través del método de programación lineal que se sugiere en esta investigación, determinó la ración alimenticia balanceada que satisface los requerimientos nutricionales de los bovinos a un mínimo costo. Estos resultados son un respaldo cuantitativo de las decisiones operativas en la finca, que permitirá obtener la GDP definida con la disponibilidad de materias primas a diferentes precios en la zona de Guanacaste.

Una buena alimentación de los bovinos incluye una ración balanceada que promueve una GDP mayor, mejor calidad en la carne y disminuye el tiempo de permanencia de los animales en el sistema de producción, con ciclos productivos cortos que mejoran el flujo de efectivo del negocio según la variación en la ganancia operativa.

Debido a la importancia del costo de la alimentación en el ganado de engorde, el control de la suplementación es fundamental, tanto de la cantidad como de la calidad de los alimentos y el balance de la ración, pues suplementar sin balancear promueve el desperdicio de recursos y de tiempo, que afectan directamente la rentabilidad de la finca.

El modelo de optimización estimó los resultados con base en la realidad de las condiciones nutricionales de las pasturas de la finca y la disponibilidad de fuentes alimenticias. Inclusive, podrían fomentarse sistemas de economía circular que incorporen a la alimentación ensilajes, pacas de heno u otros productos secundarios originados en la misma finca, para fortalecer los niveles de eficiencia y de competitividad.

Para mejorar la rentabilidad de las empresas agropecuarias es recomendable utilizar herramientas efectivas de análisis cuantitativo como la programación lineal que permitan optimizar los costos de producción, tal y como se demostró en esta investigación.

## Literatura citada

- Acero, L. M. (2017). Aplicación de método simplex para un modelo en la producción de leche y sus derivados en pequeños y medianos productores [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6524>
- Ariza, J. A. (2020). Modelo de programación lineal basado en la caracterización de la cadena de suministro de los productos bovinos con alta producción en la Provincia de Sabana Centro [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/35694>
- Armijos, J. P. (2018). Importancia del flujo de efectivo en una empresa agropecuaria, caso finca La Patricia, periodo 2017, cantón Santa Rosa [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. <http://186.3.32.121/handle/48000/12899>
- Botero, J. A. (2003). Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono. II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina, 75–91.

- Cerdas-Ramírez, R. (2013). Formulación de raciones para carne y leche. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 128–153.
- Cerdas-Ramírez, R. (2017). Formulación de raciones alimenticias para ganado de engorde [Comunicación personal y telefónica].
- Chase, R. B., y Jacobs, F. R. (2014). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros (13a ed.). McGraw-Hill Education.
- CORFOGA. (2017). Estudio de mercado de consumo, uso y actitudes (CUAS) (p. 63). Corporación de Fomento Ganadero. <https://www.corfoga.org/download/informe-de-consumo-uso-y-actitudes-al-consumo-de-carne-de-res-cuas-2017/>
- CORFOGA. (2020). Boletín estadístico, noviembre 2020. Corporación de Fomento Ganadero. <https://www.corfoga.org/publicaciones/boletines/boletines-estadisticos/#1581699803349-97aa5dc2-25b3>
- Cursack, A. M., Castignani, H., Castignani, M. I., Osan, O., Suero, M., y Brizi, M. C. (2008). Optimización en empresas lecheras mixtas evaluando distintos niveles de intensificación y reposición de nutrientes. *II Congreso Regional de Economía Agraria*, 1–13.
- De Gaetano, C. (2018). Estimación de raciones de costo mínimo utilizando programación lineal [Tesis de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/2117>
- De la Cruz, Á. J. (2017). Maximización de la producción de derivados lácteos. Caso: “Empresa Industrial PLEMSA S.A.” [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3919>
- FAO. (2016). Commodities production, countries by commodity. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO. (2020). Perspectivas alimentarias: Resúmenes de mercado (p. 12) [Resumen de mercado]. FAO. <http://www.fao.org/giews/reports/food-outlook/es/>
- García, A., Rodríguez, J. J., y Ruiz, D. E. M. (1998). Optimización del engorde de bovinos en pastoreo en la Pampa Argentina mediante programación lineal. *Investigación Agraria: Producción y sanidad animales*, 13(1–3), 99–118.

- Hernández, J., Rebollar, A., Mondragón, J., Guzmán, E., y Rebollar, S. (2016). Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. *Investigación y Ciencia*, 24(69). <https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/67449381002/html/index.html>
- Holmann, F. J., y Rivas, L. (2005). Los forrajes mejorados como promotores del crecimiento económico y la sostenibilidad: El caso de los pequeños ganaderos de Centroamérica (Documento de trabajo Núm. 202). CIAT. <https://hdl.handle.net/10568/1683>
- INEC. (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados generales. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <http://www.inec.go.cr/censos/censo-agropecuario-2014>
- Izar, J. M. (1996). Fundamentos de investigación de operaciones para administración. Editorial Universitaria Potosina.
- OCDE, y FAO. (2020). Perspectivas Agrícolas 2020-2029. OECD iLibrary. <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>.
- Render, B., Stair, R. M., y Hanna, M. E. (2012). Métodos cuantitativos para los negocios (11a ed.). Pearson Educación.
- Ritchie, H. (2019). Qué países del mundo consumen más carne (y hay uno de Latinoamérica). BBC News. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47119001>
- SENARA. (2020). ¿Qué es el DRAT? Distrito de Riego Arenal Tempisque. <http://www.senara.or.cr/drat/>
- Soto, C., y Reinoso, V. (2012). Modelo de formulación de raciones al mínimo costo para ganado de carne basado en el sistema NRC 2000. *Archivos de Zootecnia*, 61(234), 255–266. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000200010>
- Terán, W. (2015). Modelo de optimización de la producción lechera de un predio en un contexto de actividad minera en Hualgayoc-Cajamarca [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/209>
- Widiati, R. (2006). The integration of beef cattle farming system on the farm Household in Merapi Volcanic Slope, Sleman Yogyakarta. *Proceedings of The*

4th ISTAP "International Seminar on Tropical Animal Production". <https://journal.ugm.ac.id/istaproceeding/article/view/32567>

Zgajnar, J., Erjavec, E., y Kavcic, S. (2010). Multi-step beef ration optimization: Application of linear and weighted goal programming with a penalty function. *Agricultural and Food Science*, 19(2), 193–206. <https://doi.org/10.2137/14596061079291261>

## Agradecimiento

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por el apoyo financiero para esta investigación mediante el proyecto inscrito B05A12 denominado "Modelación econométrica de mercados agrícolas y aplicación de métodos cuantitativos para optimización de procesos en agronegocios". Asimismo se agradece al Programa de Posgrado en Gerencia Agroempresarial de la Universidad de Costa Rica, marco para el desarrollo de esta investigación como proyecto final de graduación.

# **Influencia de la innovación institucional en el sector exportador del aguacate peruano**

Influence of institutional innovation in the Peruvian avocado export sector

Manuel Elías Valle Colchao<sup>1</sup>  
Ilse Anai Villarreal Carrillo<sup>2</sup>

*Fecha de recepción: 18 de julio, 2021*

*Fecha de aprobación: 16 de diciembre, 2021*

**Vol.8 N° 1 Enero- junio 2022**

*Valle, M. y Villarreal, I. (2022). Influencia de la innovación institucional en el sector exportador del aguacate peruano. Revista e-Agronegocios, 8(1). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5757>*

 DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5757>

<sup>1</sup> Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.  
Correo: [mvcolchao@gmail.com](mailto:mvcolchao@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3864-5069>

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.  
Correo: [ilsevillarreal@gmail.com](mailto:ilsevillarreal@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6909-1540>



## Resumen

La innovación institucional apunta a la confluencia de las políticas públicas con el propósito de generar desarrollo económico para los sectores productivos de una determinada nación. Por lo que el propósito de este trabajo de investigación es analizar el impacto de la innovación institucional en el desarrollo del sector exportador de aguacate peruano de 1961 a 2017. Las herramientas metodológicas para la investigación y el desarrollo son el análisis de estructuras discretas y los modelos econométricos. La base de este arte se basa en la teoría del crecimiento de las exportaciones y el papel del país en el crecimiento de las exportaciones. En los principales resultados, se encontró que cambios en las reglas del juego (innovación institucional) dentro y fuera del país peruano impulsaron el desarrollo del sector exportador de aguacate peruano. Permitir la innovación desde el entorno organizativo y tecnológico tras la crisis agraria. En este sentido, la reversión de la crisis agraria (innovación institucional) no solo beneficia a la exportación de aguacates peruanos, sino que también cambia por completo el entorno organizativo y tecnológico en el que opera la industria para generar competitividad a largo plazo. De acuerdo con la revisión de la situación actual del sector de aguacate peruano, no se encontraron trabajos que aborden el origen del impacto de la innovación institucional en el sector, ni la relación entre el ambiente organizacional y la tecnología; esta investigación se considera un aporte al conocimiento de la investigación futura.

**Palabras clave:** innovación institucional, agroexportación, aguacate peruano

## Abstract

Institutional innovation aims at the confluence of public policies with the purpose of generating economic development for the productive sectors of a certain nation. The purpose of this research work is to analyze the impact of institutional innovation on the development of the Peruvian avocado export sector from 1961 to 2017. The methodological tools for research and development are the analysis of discrete structures and economic models. The basis of this art is based on the theory of export growth and the role of in export growth. In the main results, it was found that changes in the rules of the game (institutional innovation) inside and outside the Peruvian country promoted the development of the Peruvian avocado export sector. Allow innovation from the organizational and technological environment after the agrarian crisis. In this sense, the reversal of the agrarian crisis (institutional innovation) not only benefits the export of Peruvian avocados, but also completely changes the organizational and technological environment in which the industry operates to generate long-term competitiveness. According to the review of the current situation of the Peruvian avocado sector, no work was found that addresses the origin of the impact of institutional innovation in the sector, nor the relationship between the organizational environment and technology; this research is considered a contribution to the knowledge of future research.

**Key words:** institutional innovation, agroexport, peruvian avocado.

## Introducción

En el año 1961 Perú exportó en total poco más de USD 5 600 millones mientras que para el año 2019 bordeó los USD 50 510 millones, valores constantes 2010. Este crecimiento no es ajeno en el sector agroexportador, pues pasó de aproximadamente USD 19 millones a casi USD 8 100 millones en el mismo periodo. Resaltando que 8% del total de las agroexportaciones de Perú corresponden al sector del aguacate, siendo aproximadamente USD 648 millones. Como se puede ver la internacionalización de la producción agrícola no es una actividad reciente. Según la historia, en la República Aristocrática (1899-1919), la economía se basaba en la agroexportación, minería y finanzas. En el segundo gobierno de José Pardo (1915-1919) donde las exportaciones crecieron hasta 300% (Marañón, 1994) destacando la exportación de productos tradicionales como azúcar, algodón y café (Malca, 2004).

Con la reforma agraria establecida entre 1969 y 1975, la agroexportación peruana sufrió un estancamiento, principalmente en la producción de caña de azúcar y de algodón. Pues el café terminó desplazando a ambos productos (Eguren, 2006). Ya por la década de 1980, entusiasmados por la experiencia chilena, se introduce en el Perú cultivos no tradicionales como el espárrago, marigold y nuevas semillas de frutas como, por ejemplo, la del aguacate (Ramos y Valle, 2019). En los años noventa del siglo XX, el incremento en el valor de las exportaciones de los cultivos no tradicionales logró superar a las exportaciones tradicionales, donde el sector exportador del aguacate en Perú creció a tasas anuales de 19%, pasó de vender USD 430 millones a USD 2 480 millones (Valle, 2014).

Desde inicios del presente siglo el sector del aguacate peruano con fines de exportación se ha constituido como el principal sector de agroexportación del Perú, creció a tasas anuales del 38%, superando a los principales productos agrícolas (Valle, 2020) como los espárragos (35%), uvas (32%), mangos (13%) y cítricos (13%). El sector exportador del aguacate peruano, a lo largo de los entornos institucionales, ha presentado un enfoque de crecimiento muy alentador; permitiendo aportar con el progreso de las exportaciones de los cultivos peruanos. En base a la revisión del estado del arte, no se han encontrado trabajos que aborden la génesis del estado sobre la relación entre las variables innovación institucional en el sector agrícola de Perú y desarrollo del sector exportador del aguacate peruano. Por todo lo mencionado el estudio plantea analizar la influencia de la innovación institucional en el desarrollo del sector exportador del aguacate peruano.

El resultado de esta investigación proyecta como objetivos: (a) Analizar el ambiente organizacional y tecnológico del sector exportador del aguacate peruano a lo largo de los cambios institucionales y (b) Establecer un modelo econométrico que permita medir la influencia de la apertura externa de Perú (cambio institucional) sobre las exportaciones de aguacate peruano.

El orden del desarrollo del artículo es el siguiente: primero se establece un marco teórico sobre el crecimiento en base a la exportación y el rol del Estado en el crecimiento de las exportaciones; luego, se muestra las herramientas metodológicas (Análisis Estructural Discreto y Modelo Econométrico) para la obtención de los resultados de la investigación. Después, los resultados se interpretan y discuten contrastando con otras investigaciones; y, por último, se presentan algunas conclusiones. Recalcando que la investigación puede servir para futuras investigaciones, relacionadas o no al sector agroexportador.

## Referente teórico

En este capítulo se representa el marco teórico sobre el cual se sostiene la discusión de los resultados y la metodología adoptada para encaminar el estudio. Los fundamentos teóricos, que se detallan a continuación, son (a) Crecimiento con base en las exportaciones agrícolas y (b) El rol del Estado en el crecimiento de las exportaciones agrícolas. Complementado con un panorama general de las innovaciones institucionales en el sector agrícola de Perú, del comportamiento de la producción y exportación del aguacate peruano y la evolución de la apertura externa de Perú.

### *Teoría de crecimiento con base en las exportaciones agrícolas*

Autores como Hojman (1993) afirman que el auge del neoliberalismo orientado al exterior introduce imperativos de competencia, generando el incremento de eficiencia (Vargas, 2018), lo que finalmente se trasluce en indicativos de desarrollo como mayores oportunidades de trabajo, el progreso de infraestructura y el aumento del poder adquisitivo de bienes y servicios. North (1990) ha desarrollado la teoría de crecimiento con base en la exportación, enfocándose básicamente en la expansión dinámica de actividades de exportación, lo que crea condiciones de soporte económico para que puedan surgir nuevas actividades de producción en bienes y servicios. Como consecuencia, esto genera la posibilidad de desarrollo del mercado regional y local. La base de exportación de una región, para North, la conforman actividades como la agricultura, minería, industria o terciaria.

North, citado por Valle (2014), presta especial atención al desarrollo del sector agroexportador. Sostiene que una producción exitosa del sector agrícola, destinada a la exportación, puede ser el impulsor del crecimiento económico; siempre y cuando se dé bajo ciertas condiciones favorables para las regiones que diversifiquen sus exportaciones. Estas condiciones que considera son: (1) La dotación de recursos naturales de la región, (2) El carácter de la industria de exportación y (3) Los cambios que se produzcan en la tecnología y costes de transporte. No descarta el papel decisivo que tiene la determinación del potencial de crecimiento en la región, que se condiciona por la distribución del ingreso y el tipo de cultivo.

## ***El rol del Estado en el crecimiento de las exportaciones agrícolas***

El libre mercado y el impulso a las exportaciones permite un mayor dinamismo económico, la intervención del Gobierno se motiva por la necesidad de compensar la posición desfavorable en las ventajas competitivas de los productores agrícolas (Damiani, 2000). La participación del Estado se hace presente mediante medidas que otorguen créditos para la financiación; servicios técnicos, para el óptimo uso de sus recursos; apoyo en la creación de cooperativas o asociaciones; y regulación de los contratos legales y beneficios laborales, para el caso de los que prestan su mano de obra (Thrupp, 1994). En función a ello hay dos factores primordiales que se deben considerar: (a) Leyes laborales y (b) Promoción de asociaciones de agricultores exportadores.

Primero, las leyes laborales, donde los nuevos modelos de organización laboral, según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se refieren a que la fuerza de trabajo ocupada pueda fácilmente entrar y salir de mercado, de tal manera que pueda adaptarse rápidamente a variaciones de trabajo, ya sea de tiempo parcial o completo (Barrón, 1993). Tal flexibilidad de las leyes laborales influye en elementos como la disminución del salario base, el aumento del salario variable, el incremento de jornadas de trabajo, el reemplazo de trabajadores mayores por jóvenes, que ofrecen mano de obra barata, las crecientes posibilidades de despido por parte de las empresas; entre otros (Caputo, 2001). Mitigar estos elementos negativos para la fuerza laboral agrícola depende, en gran medida, del funcionamiento adecuado de las instituciones laborales a nivel local a través de leyes laborales justas y la presencia de supervisores públicos encargados de garantizar el cumplimiento de éstas, así como la presencia del Estado en el fortalecimiento de las organizaciones de trabajadores rurales (Damiani, 2000).

Segundo, la promoción de asociaciones de agricultores exportadores, por lo que la participación de los grupos y agricultores locales es también esencial para el desarrollo sostenible de la agricultura. Las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), grupos de comunidades y asociaciones de agricultores, tienen una gran capacidad para mejorar la producción y no se les puede dejar de lado en las estrategias del nuevo crecimiento económico. Será la sociedad y la economía la que se beneficie si estos grupos tienen soporte para ser partícipes activos del desarrollo de la agricultura (Thrupp, 1994).

## ***Análisis Estructural Discreto: aplicación en los agronegocios***

El estudio del Análisis Estructural Discreto aborda la interrelación entre los ambientes institucional, organizacional y tecnológico (Simon, 1962), no obstante, el alcance de esta herramienta es mucho más amplio; tanto que Gutierrez, Aguilar y Medina (2019) reconocen que las investigaciones sobre el cambio institucional, cambio organizacional y cambio tecnológico se han constituido en temas de vigencia en las publicaciones científicas. Autores como Navarrete (2016), Costa y Marques (2017) y Torres (2015) conceptualizan que el ambiente institucional, producto de normativas, crea patrones

de comportamiento de una economía (Perdomo et al., 2019) que pueden estar involucrados en un entorno organizacional y tecnológico. No obstante, Trigo (2016) precisa que los cambios institucionales, como modificaciones o arreglos legales, son a modo de fuerzas externas que influyen en la adopción de acciones y conductas (De Camargo et al., 2018) logrando desarrollo y maduración del ambiente organizacional donde se desenvuelve un sector económico y repercutiendo en el crecimiento de este (Delfín y Acosta, 2016). Por otro lado, investigadores como Loray (2017) y Padilla y Martínez (2007) manifiestan que las herramientas como expansión del comercio internacional y la atracción de inversión extranjera directa que utiliza el Estado (entorno institucional) son factores importantes para el desarrollo sostenido del ambiente tecnológico de un sector productivo (Valle, 2020; García, 2018). Dicho esto; el Análisis Estructural Discreto, como herramienta metodológica, permite analizar a través de la relación entre el ambiente institucional con el organizacional y tecnológico la influencia del Estado sobre el sector exportador del aguacate peruano. En ese sentido la adaptación del Análisis Estructural Discreto se puede considerar una herramienta propicia no sólo para ser aplicada y enriquecer investigaciones sobre los estudios de los agronegocios sino en sectores productivos como minería, hidrocarburo, pesquero entre otros.

### ***Innovaciones institucionales en el sector agrícola de Perú***

La innovación institucional depende de cuatro características: (1) normativa o cargada de valores, (2) progresa en ráfagas de cambio a lo largo del tiempo, (3) socialmente construida y culturalmente arraigada, y (4) asociada con lógicas que prácticas de forma (Raffaelli y Glynn, 2015). En ese sentido, el fortalecimiento de las instituciones son las reglas del juego que colectivamente se establecen a través de la adopción nacional de tratados internacionales, las leyes, las normas, las organizaciones, los mecanismos formales de coordinación entre los diferentes actores y otros mecanismos ad-hoc, que pueden traducirse, según su nivel de incidencia y éxito, en otras formas más permanentes de trabajo (Rodríguez et al., 2015). Las transformaciones institucionales relacionadas al sector agrícola de Perú influenciaron el ambiente organizacional y tecnológico del sector exportador del aguacate en el país; y las innovaciones están marcadas en tres entornos. En el cuadro 1, se sintetiza las principales innovaciones institucionales en el sector agrícola de Perú entre cada uno de los entornos.

**Cuadro 1.** Principales Innovaciones institucionales en el sector agrícola de Perú.

<b>Primer Entorno</b>	<b>Segundo Entorno</b>	<b>Tercer Entorno</b>
<b>Previa Reforma Agraria (1961 - 1969)</b>	<b>Reforma Agraria (1970 - 1989)</b>	<b>Reversión de la crisis agraria (1990 - 2017)</b>
<p><b>Comisión para la Reforma Agraria (1958).</b> No hubo resultados concretos.</p> <p><b>Ley de bases para la Reforma Agraria (1963).</b> Creación del Instituto de Reforma Agraria y Colonización. Inicio el proceso de la reforma agraria en el valle de La Convención.</p> <p><b>Reforma Agraria (1964).</b> Afectó principalmente a los latifundios abandonados. (Minagri, 2020). Estas reformas no afectaban a la agroexportación de cultivos tradicionales (caña de azúcar, algodón y café), y sí a las de cultivos no tradicionales como los aguacates. Tanto que las exportaciones de aguacates peruano decrecieron, entre los años 1961 y 1969, en casi 15%; mientras que las tradicionales crecieron hasta 300% (FAO, 2020).</p>	<p><b>Nueva Ley de Reforma Agraria (1969).</b> Estado peruano adjudicó en propiedad las tierras agrícolas a los campesinos que las trabajaban.</p> <p><b>Ley de Promoción y Desarrollo Agrario (1980).</b> Alentó a la agricultura para consumo nacional. (Minagri, 2020). Estos marcos institucionales no fueron favorables para la exportación de aguacates pues sólo se podría exportar previo reintegro al Estado del valor subsidiado; afectando directamente en la competitividad del precio del aguacate peruano con fines de exportación. Mundialmente, entre los años 1970 y 1989, las exportaciones de aguacates crecían a tasas anuales del 21% mientras que Perú llegó al 12% (FAO, 2020).</p>	<p><b>Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (1991).</b> El Estado peruano promovió el uso eficiente de las tierras, las aguas y la inversión privada. Desarrollando integralmente el sector, principalmente el agroexportador. (Castillo, 2003 y Valle, 2013) Desde ahí que el crecimiento de las exportaciones de aguacates peruano viene tomando relevancia a nivel mundial. Entre los años 2000 y 2020 las exportaciones de Perú crecieron al 31% mientras que las del mundo al 14% (FAO, 2020).</p>

**Fuente:** Elaboración propia con base en FAO (2020), Castillo (2003), Valle (2013), Minagri (2020).

### **Comportamiento de la producción y exportación del aguacate peruano**

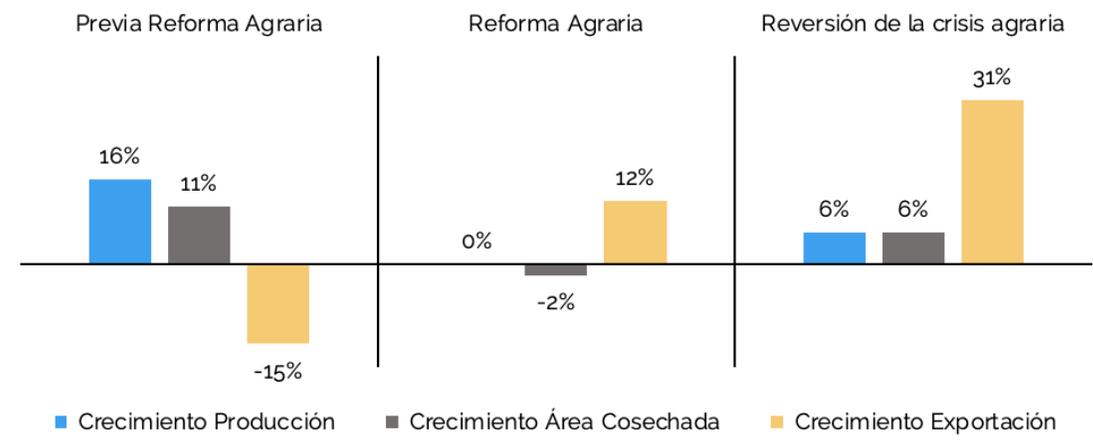
Antes de la reforma agraria (primer entorno), la producción de aguacate peruano creció a una tasa anual del 16%, de casi 20 mil toneladas en 1961 a poco más de 66 mil toneladas en 1969 (FAO, 2020). Sin embargo, este indicador durante el período de la reforma agraria (segundo entorno) no se vio afectado, y solo se cosecharon 87 mil toneladas al inicio y al final del período. Sin embargo, en el tercer entorno, desde la re-

forma agraria hasta 2018, creció a una tasa del 6% anual, de 88 mil toneladas en 1990 a 504 mil toneladas en 2018.

El comportamiento de la superficie cosechada. Desde 1961 hasta la reforma agraria, ha ido aumentando a una tasa anual del 11% (de 4 mil hectáreas a 9 mil hectáreas). Durante la reforma agraria, solo disminuyó -2% (de 10 mil hectáreas a 8 mil hectáreas), luego de la reforma agraria, aumentó en un 6% a más de 40 mil hectáreas en 2018.

Gran parte de la oferta de aguacate peruano está destinada al mercado externo; pues más del 27% de la producción es para satisfacer la demanda internacional. En la etapa previa a la Reforma Agraria el valor de las exportaciones de aguacate peruano cayó de USD 18 mil a USD 5 mil; sin embargo, durante la Reforma Agraria, 1970 - 1989, éstas crecieron de USD 28 mil a USD 250 mil; mejor aún es en la tercera etapa (reversión de la crisis agraria) pasó de USD 0,43 millones a USD 581 millones. A pesar de los problemas institucionales en Perú, las ventas en el mercado externo muestran un mejor desempeño internacional, ya que el crecimiento anual es muy importante después del vuelco de la crisis agraria.

Se puede observar que, teóricamente, una nación ve el exterior como una estrategia para su crecimiento económico. En consecuencia, una buena política comercial influye en el crecimiento de las exportaciones de un país; políticas para incentivar al aumento de la oferta exportable y ampliación de socios comerciales; la figura 1, refuerza lo expuesto.



**Figura 1.** Crecimiento de la producción, área cosechada y exportación del aguacate peruano

**Fuente:** elaboración propia con base en FAO (2020).

## Apertura externa y el sector exportador del aguacate peruano

Una nación a través de la apertura externa produce efectos estáticos y dinámicos sobre la economía (Toranzos, 2011). Las políticas de promoción y desarrollo del sector agrario durante la Reforma Agraria no fueron suficientes para el crecimiento de la agroexportación, pues las políticas apuntaban más al desarrollo de cultivos para consumo en el mercado local; mitigando el intercambio comercial de nuevos cultivos, dentro de ellos los aguacates. Luego de la crisis agraria, las nuevas relaciones comerciales han permitido que Perú apunte a una economía abierta al mundo, y ésta se puede medir con el coeficiente de apertura externa. La etapa previa a la Reforma Agraria el coeficiente de apertura externa (CAE) equivalía a 0,37 puntos, mientras que durante la Reforma Agraria bajó ligeramente a 0,36 puntos y posterior a la Crisis Agraria crece hasta 0,45 puntos. La política comercial de Perú no sólo son los acuerdos comerciales sino en materia de aranceles son bajos (Valle, 2014).

Las exportaciones peruanas de aguacate siempre han dependido de la apertura del Perú (cambios institucionales). En la segunda mitad de la reforma agraria, el desarrollo exportador de aguacates peruanos recibió cierto impulso; la innovación institucional ha logrado el desarrollo del sector a través de incentivos, subsidios y exenciones tributarias. El factor limitante es que sólo se puede exportar al país el reembolso anticipado del valor del subsidio, esfuerzos que sobrepasaron a los productores de aguacate para la exportación, sin embargo, el crecimiento del sector se ha restablecido. Luego de las nuevas políticas y reformas empresariales, el desarrollo del sector agroexportador de aguacate del Perú muestra tasa de crecimiento (TACA) cercana al 31% anual; el cuadro 2 muestra la información detallada.

**Cuadro 2.** Relación CAE y crecimiento anual de la exportación de Aguacate (en puntos, en porcentaje)

Entorno Institucional	CAE	TACA
Previa Reforma Agraria	0,37	-14,80
Reforma Agraria	0,36	12,21
Reversión de la crisis agraria	0,45	30,60

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de FAO, 2020

## Metodología

### Herramientas Metodológicas

Una de las herramientas metodológicas para el desarrollo de la investigación fue el Análisis Estructural Discreto (Simon, 1962) que tiene como objetivo sistematizar el abordaje de los ambientes: institucional, organizacional y tecnológico. Y otra es un modelo econométrico que permitió medir la influencia de la apertura externa peruana

(cambio institucional) sobre las exportaciones de aguacate peruano.

### **Análisis Estructural Discreto**

El análisis estructural discreto consiste en un estudio que facilita la intervención para llevar adelante procesos de rediseño en busca de una mayor eficiencia. De alguna manera este proceso conlleva un proceso de reingeniería. El proceso de cambio está directamente relacionado con el nivel de stock de capital social. En general el conjunto de restricciones para el cambio presentes en los entornos institucionales, organizacionales y tecnológicos determina explorar los conceptos de: “remediabilidad” y “path dependency”, con su aplicación a la economía y los negocios (Ordóñez, 2009).

El análisis del entorno institucional refiere a las "reglas del juego" que configuran el comportamiento de los individuos y las organizaciones, y los mecanismos para cumplir con estas reglas (North, 1990). La organización está compuesta por "participantes" representados por empresas y personas involucradas en el funcionamiento del sistema económico. Finalmente, el ambiente tecnológico analiza el nivel técnico del sector, la brecha tecnológica, la capacidad de innovar en este entorno y el nivel de inversión en capital tecnológico (Ordóñez, 2009).



**Figura 1.** Análisis Estructural Discreto

**Fuente:** Elaboración propia con base en Adaptación del Análisis Estructural Discreto, Simon (1962).

### **Modelo Económico**

El concepto de econometría significa medición económica (Gujarati, 2010), no obstante el alcance de esta disciplina es mucho más amplio, en el tanto la econometría puede ser definida como "el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales, basados en el desarrollo simultaneo de la teoría y la observación relacionados mediante métodos apropiados de inferencia" (Samuelson, Koopmans y Stone, 1954). Otras personas autoras la entienden como “la ciencia social en la cual las herramientas de la

teoría económica, la matemática y la inferencia estadística son aplicadas al análisis de los fenómenos económicos” (Goldberger, 1964).

Para esta investigación se hace uso del método de mínimos cuadrados en un modelo uniecuacional expresados en términos logarítmicos. Para el análisis de los datos se empleó el programa estadístico de Excel, donde se registró la relación entre el coeficiente de apertura externa de Perú y la cantidad de aguacates peruanos exportados a lo largo de los cambios institucionales en el sector agrícola de Perú. Las variables consideradas fueron:

- **LogExportación:** variable dependiente es la cantidad exportada (en toneladas) de aguacate peruano, a lo largo de los cambios institucionales en el sector agrícola de Perú.
- **LogCAE:** variable independiente es el Coeficiente de Apertura Externa, que surge de la suma total de las exportaciones y las importaciones sobre el PBI de una nación para cualquier año (Ecuación 1). Cuando el resultado es por encima de 0.5 significa que los Estados muestran una apertura pronunciada al exterior, mientras que por debajo apuestan de manera más clara por su mercado interno (OCDE, 2005).

$$CAE = (X+I)/PBI \quad (1)$$

En esta regresión, su aceptación estuvo determinada por el comportamiento de los estadísticos más relevantes (Gujarati, 2010). En tal sentido estos son:

- Estadístico t de student; determina que los coeficientes de la regresión son aceptable si, estadísticamente, son distintos de 0.
- F de la función; determina que el modelo es globalmente significativo.
- R<sup>2</sup>; denominado coeficiente de determinación, indica qué proporción de la variabilidad queda explicada por la regresión.

## Recolección de datos

El presente estudio se caracteriza por estar en una orientación empírica, racional y causal, observando las variables sin ninguna manipulación por parte del investigador y recabando los datos en un momento específico del tiempo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). La información proviene de fuente primaria y secundaria sistematizada. La información primaria se obtuvo de entrevistas realizadas a actores claves involucrados en el sector agroexportador peruano, que voluntariamente participaron en la investigación. La información secundaria fue recopilada de publicaciones de artículos,

trabajos de investigación; estadísticas de Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), veritrade, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERU), Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y Banco Mundial.

### **Limitación espacial**

Para facilitar el desarrollo y cumplir con el objetivo de la investigación se toma como hito institucional la Reforma Agraria del año de 1969; se determina tres importantes entornos: (a) Primer Entorno: Antes de la Reforma Agraria, 1961 - 1969; (b) Segundo Entorno: Durante la Reforma Agraria, 1970 - 1989; y (c) Tercer Entorno: Después la Reforma Agraria, a partir de 1990. Todo ello permite desarrollar la investigación con el propósito de conocer cómo repercute la innovación institucional en el desarrollo del sector agroexportador de Perú.

## **Resultados**

Esta sección desarrolla los objetivos de la investigación en tres partes. Primero analizar el ambiente organizacional; segundo, el tecnológico ambos a lo largo de los entornos institucionales. Y tercero, establecer un modelo empírico sobre la importancia de la apertura externa de Perú en las exportaciones de aguacate peruano a lo largo de los cambios institucionales en el sector agrícola de Perú.

### **Ambiente organizacional del sector exportador del aguacate de Perú**

Todas las actividades se desarrollan dentro de un marco legal. La experiencia que se tiene sobre formas de asociación dirigidas desde el Estado es negativa. La forma de asociación de los productores debería responder a la dinámica de reducción de costos, la cual debería partir de una iniciativa de los propios agricultores, no de la intervención estatal (Malca, 2004).

Desde la perspectiva de la reforma agraria, el sector agrícola del Perú estaba dominado por muchas fincas, comúnmente conocidas como hacienda, cuyo comercio principal eran productos tradicionales como la caña de azúcar y el algodón. Como resultado, las exportaciones de aguacate peruano no jugaban un papel importante dentro de la exportación de productos agrícolas no tradicionales; a penas equivalían a USD 0,15 por cada dólar exportado de estos productos. Aunque la reforma agraria cambió la forma organizativa del sistema agrícola peruano, pasando de una gran propiedad a la gestión de una pequeña comunidad compuesta por agricultores y productores independientes, lo que originó la división de la tierra; sin embargo, las exportaciones de aguacate se incentivaron tanto en la primera mitad (USD 0,24 por cada dólar) como en la segunda (USD 0,51 por cada dólar), pero no alcanzaron el horizonte deseado y el

clima de crisis comenzó a generar nuevas formas de organización.

Luego de la crisis agraria, los productores independientes reconocen que a través de asociaciones pueden lograr mayores ganancias y aumentar su oferta exportable, pasado a una relación de USD 6,21 por cada dólar exportado de productos agrícolas no tradicionales. De esta manera, se estableció la Asociación de Productores de Aguacate del Perú ProHass (innovación del ambiente organizacional), explotando el entorno institucional luego de la crisis del vuelco agrícola. ProHass es frecuentado por pequeños, medianos y grandes productores de todo el país, estén o no integrados verticalmente con empacadoras. Además, promueve la variedad cada año en los principales mercados internacionales (Riojas, 2016). También está comprometida a apoyar a la industria peruana en temas técnicos e investigación científica para mejorar la producción, empaque y comercialización de aguacate de alta calidad.

Por lo tanto, ProHass ha tomado medidas para fortalecer la alianza entre los sectores público y privado para desarrollar actividades de educación, investigación y difusión que mantengan y mejoren la productividad (Flores, 2018), también cubre una amplia gama de actividades con proveedores, canales de distribución y compradores. A través de estas estrategias se logró mejorar la participación de Perú en las exportaciones de aguacate en comparación con otros productos agrícolas no tradicionales.

### ***Ambiente tecnológico del sector exportador del aguacate de Perú***

Las innovaciones incluyen la aplicación de los productos de los sistemas de ciencia y tecnología al desarrollo de nuevos procesos y productos dentro de la cadena (Ordóñez, 2009). La innovación es una combinación de nuevas prácticas tecnológicas y uso adecuado de insumos, con los siguientes beneficios: (a) Incrementar la oferta exportable a costos competitivos y (b) Mejorar la calidad del producto para obtener precios competitivos (Valle, 2020). El sector del aguacate peruano no sorprende en esta situación. Actualmente, los empresarios de este sector aprovechan constantemente la importación de materiales de producción como maquinaria, herramientas, sistemas de riego para mejorar la productividad y la calidad las exportaciones agrícolas. Sin embargo, antes de la reforma agraria no se invirtió lo suficiente en innovación tecnológica; las importaciones cayeron a una tasa anual del 11%, USD 12 millones a USD 4,5 millones. Ya la etapa de intervención del Estado peruano en el sector durante el período de reforma agraria les permitió renovar sus activos, aumentando las importaciones a una tasa anual del 10% (de USD 6,9 millones a USD 40 millones). Cuando se revirtió la crisis agrícola, las importaciones pasaron de USD 40 millones a USD 144 millones de dólares, con una tasa de crecimiento anual compuesta de alrededor del 7%.

En consecuencia, el entorno institucional afecta la disponibilidad de tecnología para el sector agrícola de Perú lo que a su vez afecta el crecimiento de las exportaciones de aguacate peruano. Pues, antes de la reforma agraria, el crecimiento del sector de las

exportaciones -en volúmenes- decreció a tasas anuales de 13%, pero durante la reforma agraria mostró una recuperación del 6% anual y este crecimiento mejoró mucho durante la reversión de la crisis agraria (26%).

En ese sentido, la transformación de las reglas de juego (innovación institucional) en la agricultura peruana, sin lugar a duda, ha permitido el desarrollo del sector exportador del aguacate peruano logrando transformar el contexto organizacional y tecnológico donde se desarrolla. Especialmente luego que el Estado peruano, por revertir la crisis agraria, promoviera la inversión en tecnología agrícola para que las tierras desiertas puedan ser preparadas y desarrollar la agroindustria con fines de exportación; apalancándose inicialmente por la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario y, posterior, los acuerdos internacionales.

### **Modelos Econométricos: Apertura externa de Perú sobre el exportador del aguacate peruano.**

Tal como se explicó en la sección de metodología, se consideró como variable a explicar la cantidad exportada (en toneladas) de aguacate peruano y como variable explicativa el Coeficiente de Apertura Externa de Perú. Las series han sido transformadas en logarítmicas:

- **LogExportación:** logaritmo de la cantidad exportada de aguacates de Perú por año.
- **LogCAE:** logaritmo del Coeficiente de Apertura Externa de Perú por año.

En el cuadro 3 se muestra un modelo por cada entorno institucional en el sector agrícola de Perú: Previa Reforma Agraria, Reforma Agraria y Reversión de la crisis agraria.

**Cuadro 3.** Modelos Econométricos: Apertura externa y exportación de aguacates peruanos.

Entorno Institucional	Representación de la ecuación	R <sup>2</sup> ajustado	Fcrítico (<0.05)
Prevía Reforma Agraria	LogExportación = 7,86 + 14,67*LogCAE	0,41	0,038
Reforma Agraria	LogExportación = 3,90 + 3,19*LogCAE	0,34	0,007
Reversión de la crisis agraria	LogExportación = 8,44 + 12,22*LogCAE	0,61	0,000

**Fuente:** Elaboración propia, 2021

En función de los resultados que arrojaron los modelos para las variables analizadas, se observa que los estadísticos relevantes de las regresiones considerados en la metodología son adecuados, y se puede establecer que la apertura externa de Perú tiene una elasticidad positiva respecto de la exportación de aguacates peruanos. En los mismos modelos se observa que la elasticidad es mayor en el entorno previa a la Reforma Agraria y en el de la Reversión de la crisis agraria, cayendo considerablemente durante la Reforma Agraria. Y los entornos de mayor elasticidad presentan mejores coeficientes de apertura externa que durante la Reforma Agraria, por lo que se puede inferir que a lo largo de los cambios institucionales la cantidad exportada de aguacates peruanos estuvo determinada por la apertura externa de Perú. También, se puede derivar que las nuevas políticas comerciales son una innovación institucional, que conllevan al crecimiento del sector exportador de aguacates peruanos. Cabe aclarar que esta variable ayuda a explicar dicho crecimiento, si bien no es la única que interviene.

## Discusión

En esta sección se discuten los resultados y las bases sobre los cuales se desarrolla la discusión.

### *Innovación institucional sobre el sector exportador del aguacate peruano*

Los hallazgos encontrados, en primera instancia, a partir de las influencias de las innovaciones institucionales sobre el crecimiento del sector exportador del aguacate peruano son más prósperos en un entorno de reversión de la crisis agraria en Perú (a partir de 1990). Esto guarda relación con lo hallado por Zegarra (2019), el autor encuentra que Perú ha tenido un fuerte crecimiento agroexportador desde las últimas décadas, pues incrementaron a un ritmo anual de 10% entre 1994 y 2004, y luego a razón de 14% por año entre 2005 y 2017. En cuanto a los resultados hallados sobre las innovaciones institucionales que influyen en el crecimiento sostenido de las exportaciones de aguacate peruano se priorizan las que promueven la inversión tecnológica vinculadas a la producción agrícola y a la agroindustria peruana; las políticas del Estado peruano con relación a la transformación de la tecnología agraria han privilegiado a la región de la costa peruana, región donde se prioriza el cultivo de aguacate para la exportación (Escobal, 2017 y Colla y Navarro, 2017). En ese sentido queda al Estado adaptar y/o maximizar la difusión de políticas para promover la adopción de nuevas tecnologías en las regiones de sierra y selva peruana con el propósito de incrementar la oferta exportable de aguacate. Se observa también que una correcta alineación entre las innovaciones institucionales con el entorno organizacional y tecnológico es siempre favorable para el desarrollo del sector exportador del aguacate peruano.

En el entorno organizacional, se desprende como resultado que luego de la crisis agraria el Estado peruano mejora las políticas de asociatividad, factor que ha permitido la

inserción de productores de pequeña y mediana escala a los mercados de exportación logrando crecimiento sostenido del sector agroexportador peruano (Larrea, Ugaz y Flores, 2018; Ruiz, 2015). Un grupo de empresarios peruanos relacionados al sector exportador del aguacate decidieron agruparse y crear la Asociación de Productores de Aguacate Hass del Perú (ProHass), sin esta innovación organizacional es imposible promover el crecimiento de la producción de aguacate peruano con fines de exportación y obtener un mejor resultado en el mercado externo; tal como sucede actualmente con otros principales cultivos de exportación (Andrade et al., 2019), donde los productores de uva conforman la Asociación de Productores de Uva de Mesa del Perú-ProVid; mango, la Asociación Peruana de Productores de Mango-ProMango; de arándano, la Asociación de Productores de Arándano del Perú-ProArándano; de espárrago y alcachofa, el Instituto Peruano de Espárrago y Hortalizas (Cuyuche, Planas y Salazar, 2017; Cárdenas et al. 2017 & Villarreal, 2015). Ante esto, si un sector con tendencia al mercado externo muestra poca organización del lado de los productores agrícolas y débiles alineamientos por parte del Estado peruano, es posible que no prometa un crecimiento sostenido, como sucedió con en el sector exportador del aguacate peruano antes y durante la reforma agraria peruana para repuntar luego reversión de crisis agraria.

En el entorno tecnológico, las políticas de promoción y no de intervención por parte del Estado peruano relacionadas a la inversión tecnológica resultan más eficientes para el campo y la agroindustria peruana con fines de exportación. Sin embargo, estas políticas públicas no han sido efectivas en la zona rural de Perú (Castillo et al., 2020) en donde las condiciones agroecológicas son idóneas para el cultivo de aguacate (Noguera et al., 2018). En ese sentido, queda aprovechar los programas como Sierra y Selva exportadora (Podestá et al., 2018) para optimizar la promoción de las políticas con la introducción de tecnología en la producción competitiva de aguacates peruanos y acceder a mercados externos. La promoción en inversión tecnológica y no de intervención de los gobiernos peruanos facilitan en el desarrollo del sector exportador del aguacate de Perú, pues las empresas a partir de inserción de tecnología en el sector logran aumentar la oferta exportable y mejorar la calidad del aguacate. Investigadores como Ramírez, Ruilova y Garzón (2015), Tello (2016) observaron que la innovación tecnológica es un eje principal en el desarrollo y competitividad para el sector agrícola, otros autores manifiestan que las innovaciones permiten mejores resultados en el rendimiento de la producción por hectárea a modo de reducir los costos (Zayas, 2018; Vallejos, 2018) y en la calidad de los cultivos mejorando por precios a nivel internacional (Valle, 2020; Figueroa, Pérez, Godínez y Perez, 2019).

En definitiva, un sector en donde la oferta se destina principalmente al mercado externo, como es el caso del sector del aguacate peruano, debe ser motivado con políticas que fomenten el crecimiento del sector. Políticas como promocionar la inversión tecnológica tal como sucedió después de la crisis agraria o en otras ocasiones donde el Estado peruano no juegue un papel de intervencionista como lo hizo durante la reforma agraria peruana. Y todo esto potenciando en la zona rural de Perú, a modo de aumentar la oferta exportable. De lo hallado se rescata que las políticas por parte

del Estado peruano para el sector agrícola permiten establecer una explicación de la influencia de estas innovaciones institucionales sobre la evolución del ambiente organizacional y tecnológico del sector exportador del aguacate peruano.

### **Modelos Econométricos: Apertura externa de Perú sobre el exportador del aguacate peruano**

Las relaciones de las variables que se presentan en los modelos econométricos permiten inferir a partir de los estadísticos significativos, que las funciones son adecuadas. En ese sentido, la relación funcional entre las variables coeficiente de apertura externa de Perú y cantidad exportada de aguacates peruanos permiten establecer una explicación entre la influencia de la innovación institucional en el sector de aguacates peruanos con fines de exportación, a lo largo de los entornos institucionales del sector agrícola de Perú: Previa Reforma Agraria, Reforma Agraria y Reversión de la crisis agraria. De esta forma, el estudio de la relación entre las variables mencionadas anteriormente definió que el crecimiento del sector exportador de aguacates de Perú está marcado por la apertura comercial de Perú, periodo de la Reversión de la crisis agraria. Los resultados encontrados se hallan en concordancia con lo indicado por Díaz, López y Valle (2019), Ramos y Valle (2019), Valle (2020) y Campana (2017), quienes estudiaron el crecimiento de diversos sectores agroexportadores no tradicionales peruanos y encontraron que ese sector siempre ha estado involucrado en el entorno de las políticas de apertura externa, más aún desde inicios de los años noventa. Con estos fundamentos, el Estado debe seguir promoviendo políticas de apertura comercial a través de las exoneraciones arancelaria tanto bilateral como multilateral con el propósito de continuar fortaleciendo el sector exportador de aguacate peruano.

## **Conclusiones**

Cuando el Estado peruano decidió intervenir en el desarrollo y promoción del sector agrícola a través de la reforma agraria, solo benefició a los sectores locales relacionados con el consumo, restringió el crecimiento del sector agroexportador y provocó una crisis agrícola incluido el sector del aguacate peruano. Sin embargo, cuando decide innovar institucionalmente para revertir la crisis agraria con la promoción en inversiones tecnológicas para la agricultura y agroindustria peruana y apertura comercial a través de acuerdos internacionales trajo como consecuencia el desarrollo del sector exportador del aguacate peruano. Este nuevo paradigma no sólo fortalece al sector exportador del aguacate peruano, per se, sino también ha logrado transformar el contexto organización y tecnológico donde se desenvuelve.

En el ámbito organizacional un conjunto de empresarios productores de aguacate en Perú, aprovechando las innovaciones institucionales, a finales del siglo pasado decidieron agruparse y formar la Asociación de Productores de Aguacate Hass (PROHASS), con la intención de promover el crecimiento del cultivo con fines de exportación que

hasta entonces era muy poco conocido en Perú. Y desde aquel momento los indicadores tanto de producción agrícola como exportación vienen creciendo a tasa anuales mucho mayores que antes y durante la Reforma Agraria e incluso mejor que las mundiales.

En lo tecnológico, tener al Estado peruano solo como un garante y no de intervencionista influyó en la inserción y renovación de bienes de capital como maquinarias, implementos, herramientas, sistemas de riego y optimización del uso de insumos nutricionales; esta tecnología permite aumentar la productividad de la oferta exportable, reducir los costos de producción y mejorar la calidad del aguacate peruano en el mercado internacional.

En líneas generales, con un ambiente institucional que presente debilidades será complicado el crecimiento y desarrollo de un sector económico; entonces para el desarrollo del sistema se necesitará de un cambio institucional. En Perú la innovación institucional, Reversión de la Crisis Agraria, va más allá de beneficiar a las exportaciones de aguacate peruano sino también revolucionar el entorno organizacional y tecnológico donde opera el sector con la finalidad de generar competitividad a largo plazo.

## Literatura Citada

Andrade, M.; D'Alessio, R.; Saavedra, A, & Saavedra, B. (2019). Planeamiento estratégico de la agroexportación de frutas y hortalizas frescas en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14734>.

Banco Mundial. (2020). Datos de libre acceso del Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador>

Barrón, M. (1993). Los Mercados de Trabajo Rurales, el Caso de las Hortalizas en México. Tesis doctoral, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000191031](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000191031).

Campana, L. (2017). Impacto de la apertura comercial en el crecimiento económico del Perú 1970-2014. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3755>.

Caputo, L. (2001). La Economía Mundial Actual y la Ciencia Económica. Algunas reflexiones para la discusión. <http://www.redcelsofurtado.edu.mx/archivosPDF/caputo4.pdf>.

- Cárdenas, R.; Mallqui, M.; Rossell, F. & Terrazas, V. (2017). Planeamiento estratégico de la uva de mesa. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8739>.
- Castillo-SantaMaría, B.; Villanueva, C.; Moreno, R. & Agüero, H. (2020). Política nacional agraria en el Perú: Efectividad de los enfoques de gestión pública. *Revista Venezolana de Gerencia*. Vol. 25(89): 55-65. <http://dx.doi.org/10.37960/revista.v25i89.31383>.
- Castillo, L. (2003). Reforma y contrarreforma agraria en el Perú. CIDES - Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Colla, E. y Navarro, S. (2017). Seguridad de tenencia e inversiones en el agro peruano. En IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Libro VI. Lima, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i6761s.pdf>.
- Costa, M. & Marques, C. (2017). Change and institutional logic: overview and proposal of analysis of different institutionalist approaches. *RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia*. Vol 16(1): 175-202. <http://dx.doi.org/10.18593/race.v16i1.11782>.
- Cuyuche, L.; Planas, J. & Salazar, F. (2017). Planeamiento estratégico del espárrago en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9601>.
- Damiani, O. (2000). El Estado y la Agricultura no Tradicional de Exportación en Latino América: Resultados y Lecciones de Tres Estudios de Casos. <https://www.researchgate.net/publication/255603173>.
- De Camargo, P.; Román, B.; Chiappetta, C.; Barbiero, E. & LOPES, A. (2018). Management theory and big data literature: From a review to a research agenda. *International Journal of Information Management*. Vol 43: 112-129. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.07.005>.
- Delfín, F. & Acosta, M. (2016). Analysis and relevance in business development. *Revista científica Pensamiento y Gestión*. Revista científica Pensamiento y Gestión. Número 40.
- Díaz, B.; López, A. & Valle, M. (2019). Posición competitiva del sistema de agronegocios de quinua de Perú en Estados Unidos. *Revista Ciencia y*

- Negocios - Facultad de Ciencias Económicas UPAO. Vol. 1(2):75-86. <http://doi.org/10.22497/Cien.yNeg.12.1207>.
- Eguren, F. (2006). Reforma Agraria y Desarrollo Rural en la Región Andina. <https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/REFORMA%20AGRARIA%20Y%20DESARROLLO%20RURAL%20EN%20EL%20PERU.pdf>
- Escobal, J. (2017). Análisis espacial de la adopción de tecnologías agrarias en el Perú. Una mirada desde el Censo Nacional Agropecuario 2012. En IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Libro IV. Lima, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i6763s.pdf>.
- FAO. (2020). Datos sobre alimentación y agricultur. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fernández, A. & Pérez, P. (2008). Integración comercial y crecimiento económico: una visión crítica. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=118/11820668010>.
- Figuroa, E.; Pérez, F.; Godínez, L. & Perez, R. (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. Revista mexicana de economía y finanzas, 14(1), 41-56. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>.
- Flores, A. (2018). Desempeño del subsistema de agronegocios de palta Hass peruana. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2018florescalleanaeldelosmilagros1.pdf>.
- García, R. (2018). Cambio tecnológico en la producción agraria argentina: Algunas teorías en disputa. Mundo Agrario. Vol. 19(41). <https://doi.org/10.24215/15155994e090>.
- Goldberger, A. (1964). Econometrics Theory. John Wiley & Sons. New York.
- Gujarati. D. (2010). Econometría 5ta Edición. Mc. Graw Hill.
- Gutierrez, V.; Aguilar, J. & Medina. J. (2019). Cambio organizacional, institucional y tecnológico: una aproximación desde la teoría actor-red y el trabajo institucional. Cuadernos de Administración. Vol 32(59). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao32-59.coit>.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6ª Ed.). México: McGraw-Hill.
- Hojman, D. (1993). Change in the Chilean Countryside: From Pinochet to Aylwin and beyond, Macmillan Press. <http://dx.doi.org/10.14482/pege.40.8810>.
- Larrea H., Ugaz C. & Flórez, M. (2018). El sistema de agronegocios en el Peru: de la agricultura familiar al negocio agroalimentario. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol 43:1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14158242001>.
- Loray, R. (2017). Políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación: tendencias regionales y espacios de convergencia. Revista de Estudios Sociales. Vol. 62: 68-80. <https://dx.doi.org/10.7440/res62.2017.07>
- Malca, O. (2004). Perfiles de Productos con Potencial Agroexportador. <http://hdl.handle.net/11354/436>
- Marañón, B. (1994). Cambios sociales en las zonas de agroexportación en el Perú, costa norte. En: O. Dancourt, E. Mayer & C. Monge (eds.). SEPIA V. Perú: el problema agrario en debate.
- Minagri. (2020). El proceso de reforma agraria. <http://minagri.gob.pe/portal/datero/70-marco-legal/titulacion-agraria-en-el-peru/413-el-proceso-de-reforma-agraria>
- Navarrete, C. (2016). Informal institutionalism: The footsteps of an informal institutionalist discours. Perfiles latinoamericanos. Vol 24(47): 283-306. <https://doi.org/10.18504/pl2447-003-2016>.
- Noguera, A.; Abanto, B.; Del Pozo, C. & Bravo, J. (2018). Factores Clave de Éxito para el Desarrollo de un Clúster de Palta en Chincheros, Apurímac. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12708>.
- North, D. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance (Political Economy of Institutions and Decisions). Cambridge University Press. <https://doi:10.1017/CBO9780511808678>.
- Ordóñez, H. (2009). La Nueva Economía y los Negocios y Agroalimentarios. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE. (2005). Measuring Globalisation: OECD Handbook on Economic Globalisation Indicators. <https://doi.org/10.1787/9789264108103-en>.
- Padilla, R. & Martínez, J. (2007). Apertura comercial y cambio tecnológico en el Istmo Centroamericano. Serie Estudios y Perspectivas. Vol 81. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5012/1/S0700400\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5012/1/S0700400_es.pdf)
- Perdomo, G.; Murillo, G. & González-Campo, C. (2019). Cambio organizacional e institucional desde las perspectivas teóricas. *Entramado*. Vol. 15(2): 46-65 <http://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5492>.
- Podestá, S.; Vicente, E.; Zegarra, J.; Rivera, W.; Mendoza, F. & César, C. (2018). Sierra Productiva y Sierra Exportadora. Dos Caminos para Combatir la Pobreza. *Gestión en el Tercer Milenio*. Vol 21(41): 59-66. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/15423>.
- Raffaelli, R. & Mary A. (2015). Institutional Innovation: Novel, Useful, and Legitimate. [https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/Institutional%20Innovation\\_Raffaelli%20%20Glynn\\_forthcoming%20\(2\)\\_edaec7fb-875b-4efc-8c84-f446f102758e.pdf](https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/Institutional%20Innovation_Raffaelli%20%20Glynn_forthcoming%20(2)_edaec7fb-875b-4efc-8c84-f446f102758e.pdf)
- Ramírez, I.; Ruilova, B. & Garzón, J. (2015). Innovación Tecnológica en el sector Agropecuario. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6848>.
- Ramos, L.; Valle, M. (2019). Posicionamiento de la palta Hass peruana en el mercado estadounidense. *Revista Ciencia y Negocios - Facultad de Ciencias Económicas UPAO*. Cien.yNeg. Vol. 1(2): 41-52. <http://doi.org/10.22497/Cien.yNeg.12.1204>.
- Riojas, M. (2016). Competitividad dinámica en el sistema agroindustrial de la palta en Perú. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2016riojassandovalmarcosantonio.pdf>
- Rodríguez, A.; López, T.; Meza, L. & Loboguerrero, A. (2015). Innovaciones institucionales y en políticas sobre agricultura y cambio climático. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39534-innovaciones-institucionales-politicas-agricultura-cambio-climatico-evidencia>
- Ruiz, S. (2015). De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos: su

- impacto social. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4(2):137-145. <http://dx.doi.org/10.15640/jaes.v4n2a16>.
- Samuelson P.A., Koopmans T.C. y Stone J.R.N. 1954. "Report of the Evaluative Committee for Econometrica". *Econometrica*.
- Simon, H. (1962). *New Developments in the Theory of the Firm*. *The American Economic Review*, 52(2), 1-15. <https://www.jstor.org/stable/1910864>.
- Tello, M. (2016). Productividad, capacidad tecnológica y de innovación, y difusión tecnológica en la agricultura comercial moderna en el Perú: un análisis exploratorio regional. *Economía*. Vol 39(77): 103-144. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/15030/15543>.
- Thrupp, L. (1994). *Challenges in Latin America's Recent Agroexport Boom, Development*. Editor: World Resources Institute.
- Toranzos, G. (2011). *El sistema agroindustrial como instrumento de crecimiento y desarrollo: la importancia de la apertura externa*. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2011toranzostorinoguillermo>.
- Torres, E. (2015). El nuevo institucionalismo: ¿hacia un nuevo paradigma? *Estudios Políticos*. Vol. 9(34): 117-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.espol.2014.11.001>.
- Valle, M. (2013). *Sistema de agronegocios de uva fresca en Perú con fines de exportación*. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2014vcolchaomanuel.pdf>
- Valle, M. (2014). *Impacto de la inversión tecnológica y de la demanda externa sobre la producción y competitividad de la uva en el Perú: período 1961-2011*. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2014vallecolchaomanuel>.
- Valle, M. (2020). Influence of external openness on the specialization of the Peruvian agro-export sector. *Revista de investigación en Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Vol. 1(1). <http://revista-cts.unajma.edu.pe/index.php/cts-unajma/article/view/2>.
- Vallejos, M. (2018). *Análisis costo beneficio de la innovación tecnológica en la agricultura: caso mango en UHD en el departamento de Piura*.

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1379>.

Vargas, A. (2018). Crecimiento de las exportaciones y el crecimiento económico en Perú: evidencias de causalidad 1990-2016. Universidad San Ignacio de Loyola. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3886>.

Villarreal, I. (2015). Descripción del subsistema estrictamente coordinado de exportación de mango fresco: Passion Fresh. Universidad de Buenos Aires. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2015villarrealilse>.

Zayas, I. (2018). El desarrollo tecnológico y la innovación como ente principal de competitividad en las empresas del sector agropecuario en el Municipio de Angostura, Sinaloa. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 42:867-877. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14156175006>.

Zegarra, E. (2019). Auge agroexportador en el Perú: un análisis de sobrevivencia de productos y empresas. Grupo de Análisis para el Desarrollo. [https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/ifinal\\_agroexport.pdf](https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/ifinal_agroexport.pdf).

## Anexos

### *Anexo 1. Estadísticos de las regresiones. Previo Reforma Agraria*

Variable dependiente: LogExportación

Método: Mínimos Cuadrados

Entorno Institucional: Antes de la Reforma Agraria, 1961 - 1969

Observaciones: 9

Variable	Coefficiente	Error Estándar	t-Estadístico	Probabilidad
<b>C</b>	7,86	2,45	3,20	0,01
<b>LogCAE</b>	14,67	5,74	2,56	0,04

R<sup>2</sup>: 0,48

R<sup>2</sup> ajustado: 0,41

F: 6.53170

Valor crítico de F: 0,03779

## Anexo 2. Estadísticos de las regresiones. Reforma Agraria

Variable dependiente: LogExportación

Método: Mínimos Cuadrados

Entorno Institucional: Durante la Reforma Agraria, 1970 - 1989

Observaciones: 20

Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-Estadístico	Probabilidad
<b>C</b>	3,90	0,47	8,26	0,00
<b>LogCAE</b>	3,19	1,03	3,10	0,01

R<sup>2</sup>: 0,38

R<sup>2</sup> ajustado: 0,34

F: 9,60831

Valor crítico de F: 0,00688

## Anexo 3. Estadísticos de las regresiones. Reversión de la crisis agraria

Variable dependiente: LogExportación

Método: Mínimos Cuadrados

Entorno Institucional: Después la Reforma Agraria, 1990 - 2017

Observaciones: 28

Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-Estadístico	Probabilidad
<b>C</b>	8,44	0,79	10,74	0,00
<b>LogCAE</b>	12,22	1,98	6,17	0,00

R<sup>2</sup>: 0,62

R<sup>2</sup> ajustado: 0,61

F: 38,02009

Valor crítico de F: 0,00000

## Diseño de una herramienta para la gestión de riesgos y continuidad de negocio en la producción agroalimentaria

Design of a methodology for risk management and business continuity in agri-food production



Orlando Armijo Montes<sup>1</sup>

*Fecha de recepción: 6 de abril, 2021  
Fecha de aprobación: 31 de agosto, 2021*

**Vol.8 N° 1 Enero- junio 2022**

*Armijo, O. (2022). Diseño de una herramienta para la gestión de riesgos y continuidad de negocio en la producción agroalimentaria. Revista e-Agronegocios, 8(1). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5673>*

 DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5673>



<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.  
Correo: [orlando.armijo@ucr.ac.cr](mailto:orlando.armijo@ucr.ac.cr)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2608-8827>

## Resumen

El estudio abarca el proceso de desarrollo de una herramienta para la gestión de riesgos y continuidad de negocio, con el fin de que empresas procesadoras de alimentos puedan tomar decisiones de forma proactiva ante la incertidumbre que el contexto aporta a la organización. En una primera etapa, la investigación se basó en un estudio del contexto de las organizaciones agroindustriales costarricenses en el periodo del 2010 al primer trimestre del 2020; además de los escenarios que podrían generar riesgos. Esto, mediante la investigación de estudios, artículos y trabajos finales de graduación sobre la temática. Luego, se diseñó una herramienta para gestionar los riesgos y las estrategias de continuidad de negocio que estuviera alineada con los estándares internacionales ISO 31000: 2018 Gestión del Riesgo e ISO 22301:2020 Gestión de la Continuidad de Negocio. Lo anterior, basado en herramientas reconocidas de la gestión por procesos.

En términos generales, se determinó que aspectos como políticas internacionales, el cambio climático y los desastres generan una gran variabilidad en el abastecimiento de las materias primas del sector. Además, al considerar estos aspectos, se logró desarrollar una herramienta sintética para abordar los riesgos y establecer estrategias para la continuidad del negocio.

**Palabras clave:** gestión del riesgo, continuidad de negocio, industria agroalimentaria, abastecimiento.

## Abstract

The article covers the process of developing a tool for risk management and business continuity so that food processing companies can make decisions proactively in the face of the uncertainty that the context of the organization brings. In the first stage, the research was based on a study of the context of Costa Rican agri-food organizations from 2010 to the first trimester of 2020, furthermore the scenarios that could generate risks through the investigation of studies, articles, and final graduation papers on the subject. Then, a tool was designed to manage risks and business continuity strategies that was aligned with international standards ISO 31000: 2018 Risk Management and ISO 22301 Business continuity management, the above based on recognized management tools by processes. In general terms, it was determined that aspects such as international policies, climate change and disasters generate great variability in the supply of raw materials for the sector. In addition, considering these aspects, it was possible to develop a synthetic tool to address risks and business continuity management.

In general terms, it was determined that aspects such as international policies, climate change and disasters generate great variability in the supply of raw materials for the sector. In addition, by considering these aspects, it was possible to develop a synthetic tool to address risks and establish strategies for business continuity.

**Key words:** risk management, business continuity, food industry, supply chain

## Introducción

La industria alimentaria en Costa Rica se basa en gran medida en el aprovechamiento de las materias primas del agro, que no son aptas para la exportación, por características de calidad, grado de maduración o imperfecciones a nivel físico. Son grandes retos para estas empresas establecer métodos innovadores para su producción, aumentar la eficiencia operativa, disminuir costos y ser atractivos para la exportación (Hidalgo-Nuchera et al, 2009).

Desde el contexto internacional, la economía del país se ha visto influenciada por situaciones cambiantes, como el precio del petróleo, el costo de materias primas, la recesión económica de 2007-2009. Además, los cambios políticos como la amenaza terrorista a partir de los atentados del 2001 dieron lugar a mayores exigencias en términos de calidad, inocuidad y bioseguridad. Por lo mencionado anteriormente, es que muchos entes internacionales apuntan a lograr la conversión de materias primas de manera eficiente, segura y continua es su desafío. Sin embargo, esta tarea se va haciendo más difícil conforme avanza los años, dada la influencia que la variabilidad y el cambio climático tiene en el sector primario, lo que limita su productividad, calidad, transformación y comercialización (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, 2011).

Las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en países en desarrollo son de vital importancia, dado que dinamizan la economía, impulsan el potencial emprendedor y aumentan en general la calidad de vida de los habitantes. La industria de alimentos representa la mayor proporción de las Pymes que se desarrollan en la industria costarricense; para el 2016 representaba el 11,9 % (Ministerio de Economía, Industria y Comercio, 2017).

En general, las pequeñas y medianas empresas son mucho más susceptibles a las modificaciones que se presenten en su organización y cadena de abastecimiento. La mayoría de los cambios se pueden asociar con globalización, cambio de hábitos de consumo, desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación, cambio en precio y cambio climático. La resiliencia es esa capacidad que tienen las empresas para adaptarse, por lo cual de gran importancia analizar cuáles son esos potenciales cambios (o riesgos) que pueden eventualmente afectar la organización y establecer las medidas para mitigarlo (Villalba, 2017).

Dados los escenarios descritos con anterioridad, es imperativo que la industria alimentaria establezca procesos sistemáticos para el análisis de riesgos. De esta manera, cuando se presenten situaciones disruptivas haya herramientas necesarias para garantizar la resiliencia y su continuidad de negocio. Las herramientas diseñadas en este estudio tienen como objetivo solventar las necesidades descritas.

## Referente teórico

El proceso sistemático, documentado y razonado en que se analizan oportunidades, amenazas, incertidumbres o potenciales eventos, con el fin de mitigar o aprovechar su posible ocurrencia se conoce como la Gestión de Riesgos (Casares y Lizarzaburu, 2016). Históricamente, las empresas han administrado sus riesgos de manera poco integrada, analizando cada eslabón de la cadena de manera individual. Sin embargo, esta situación ha traído consigo que las herramientas implementadas (si las hay) no sean suficientes para garantizar la continuidad de negocio (Passenheim, 2010).

La norma ISO 31000 es un estándar diseñado para aportar recomendaciones a las empresas sobre cómo gestionar sus riesgos, donde se define el riesgo como la incertidumbre que tiene la organización para lograr sus objetivos. Estos riesgos pueden deberse a factores internos y externos que potencialmente ejercen efectos positivos o negativos. La norma solicita iniciar por un proceso de conocimiento de contexto y los requisitos de las partes interesadas, para luego iniciar con el análisis de riesgos que incluye: identificación, análisis, evaluación y tratamientos (Lizarzaburu et al, 2017).

La continuidad de negocio es la gestión que se presenta en la empresa para lograr que después de alguna situación, que haya interrumpido el proceso de producción normal, se retome las actividades con el mínimo de impacto en los objetivos de la organización (Hopkin, 2010).

Mantener una gestión de la continuidad de negocio trae consigo una serie de ventajas para la organización; entre los que se puede mencionar (Sáez, 2013):

- Ventaja competitiva ante los demás actores del sistema.
- Disminución de las pérdidas ante desastres o paros de la organización.
- Aumentar la eficiencia de la organización para recuperarse de una interrupción.
- Aumenta la confianza de los clientes y la sociedad.

Existen diversas metodologías para establecer un sistema que gestione la continuidad de negocio. Uno de los más utilizados es la norma internacional ISO 22301, que establece pasos similares a la ISO 31000 en su estructura de alto nivel. La norma define la continuidad de negocio como la capacidad que tiene la organización para continuar con la entrega de productos o servicios a los niveles predefinidos aceptables, después de un evento disruptivo.

## Metodología

El objetivo del estudio fue el diseño de una herramienta integral para que las PYMES gestionen sus riesgos con la finalidad de garantizar la continuidad de negocio, con esta meta se establecieron dos etapas: identificación de situaciones del contexto de empresas agroindustriales que pudieran generar riesgos y en una segunda parte el diseño de la herramienta.

La metodología seguida para el establecimiento del contexto de las industrias agroindustriales en Costa Rica se basó en un análisis de diversas fuentes bibliográficas tal como: estudios, artículos periodísticos y trabajos finales de graduación que se hayan desarrollado en la pasada década. La recopilación de información se realizó desde inicios del 2019 hasta el final del primer semestre 2020, se identificaron distintas bases de datos diversas entre sí, por ejemplo: repositorios de universidades de Costa Rica y de otros países latinoamericanos; entidades gubernamentales de Costa Rica, artículos de revistas y periodísticos. Se buscaron distintos temas reconocidos por la posibilidad de afectar las operaciones de empresas agroindustriales, por ejemplo: riesgos, desastres, cambio climático, agroindustria, resiliencia, afectación, cambios, disrupción, continuidad, costos, abastecimiento, competitividad y gestión. En general, los temas que resaltaron en la búsqueda fueron la necesidad de elevar la competitividad, actuar de manera proactiva ante potenciales actos disruptivos y la necesidad de gestionar los riesgos.

En cuanto al diseño de las herramientas propiamente se realizó un análisis comparativo de los estándares de gestión ISO 31000:2018 Gestión del riesgo: directrices e ISO 22301: 2020 Gestión de la Continuidad de Negocio para establecer los requisitos presentes en ambos con el fin de que la herramienta fuera integral. También, se revisaron diversas metodologías existentes tanto para la gestión de riesgos como para la continuidad de negocio con el fin de establecer la técnica que permitiera una buena integración, además de facilidad de aplicación con miras a ser utilizada por una PYME. Parte de las metodologías revisadas se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Metodologías para la gestión de riesgos y continuidad de negocio contempladas en el estudio.

Metodologías de gestión del riesgo	Metodologías de gestión de continuidad de negocio
Matriz AMFE: análisis modal de fallos y efectos	PRD: plan de recuperación ante desastres
Mapas de calor	Plan de contingencia
¿Qué pasaría si...?	Algoritmo klee: priorización de procesos
Matriz de riesgo	BIA: análisis de impacto al negocio
Project Management Institute	Estrategias de continuidad
ERM: gestión de riesgos empresariales	
Matriz FODA	
Matriz EFI, EFE.	

## Resultados

Al analizar el contexto nacional de los últimos diez años, en cuanto a la producción agroalimentaria, resalta cómo esta ha sido fuertemente golpeada por la recesión económica; lo que generó una disminución en las exportaciones, así como del aporte de capital de socios comerciales extranjeros. Aunado a que el desarrollo rural de Costa Rica es muy heterogéneo, genera que el riesgo en la cadena de abastecimiento sea alto. Se ha establecido entre las acciones para lograr un mejor desempeño del sector agroalimentario lograr que los productores desarrollen capacidades gerenciales y la toma de decisiones para la innovación y competitividad (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, 2011).

Otros factores de gran importancia que han generado modificaciones en la forma en que el sector primario se comporta son el cambio climático y el calentamiento global. Cambios en los ciclos productivos, época seca y época lluviosa, temperaturas, inundaciones, sequías, entre otros fenómenos se han exacerbado en los últimos años. Se prevé que para el año 2030 se dé un aumento de la temperatura promedio, así como un descenso de las precipitaciones, lo que afectaría de manera significativa los patrones de cultivo. La resiliencia que presenten las empresas determinará la forma en que la

cadena de abastecimiento de los productos del sector primario se vea afectada (Bou-roncle et al., 2015).

Los cambios en el costo y calidad de materias primas tienen varias causas basadas en fenómenos naturales, como el caso de la erupción del volcán Turrialba, que según se reportó en febrero 2017 afectó a más de 400 hectáreas de cultivos con costos de alrededor 1,5 millones de dólares. Además, se estima que los efectos en los cultivos se mantendrán al menos 10 años (Barquero, 2017a). Situación más pronunciada se vivió con el huracán Otto y la tormenta Nate en 2017, donde las pérdidas monetarias se estiman en 78 millones de dólares (Barquero, 2017b; Barquero, 2017c).

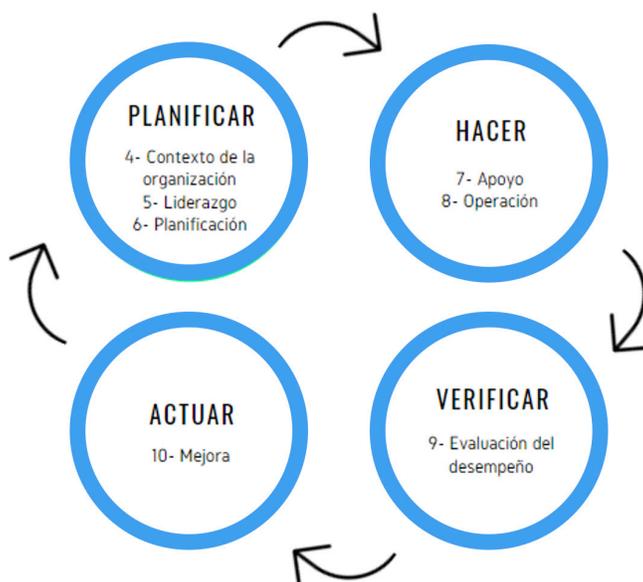
Un escenario más reciente y que aún continúa afectando la industria agroalimentaria es la pandemia causada por el COVID-19 que ha llevado a un punto de crisis al sector. Según Meneses (2020), se estima que la pérdida del sector agropecuario ronda los 14 300 millones de colones, con una afectación a 6 885 productores y 266 empresas a abril de 2020. Productores de flores, follajes, piña, raíces y tubérculos han sido los más afectados. La misma situación apunta Muñoz (2020) en que gran parte de la cosecha de piña para exportación tuvo que distribuirse en el país, lo que implicó una mayor oferta y por ende una rebaja importante en el precio. Contrapuesto a esta situación, la demanda de arroz y frijoles se vio incrementada por la especulación de los consumidores ante la situación de la pandemia.

Las empresas deberían estar preparadas para afrontar situaciones como las descritas y es acá donde los estándares internacionales aplican el ciclo de la mejora continua "PHVA", que está conformado por cuatro etapas: planificar, hacer, verificar y actuar. La estructura de alto nivel es utilizada por las normas ISO tal como se representa en la Figura 1. Castañeda y Sánchez (2016) realizaron un estudio sobre la gestión de riesgos en escenarios integrados para las pymes, con el resultado de que cuando se mantenía el enfoque de la mejora continua PHVA se garantiza una mejor implementación. En el Cuadro 2, se presenta la forma en que los estándares abarcan el ciclo de la mejora continua.

**Cuadro 2.** Descripción de las etapas del ciclo de la mejora continua.

Etapa	Descripción
<b>Planificar</b>	Esta etapa considera el inicio donde se planifican las actividades para lograr los objetivos de la organización.
<b>Hacer</b>	Ejecuta las operaciones planificadas, la parte operativa y de procesos del sistema, incluye también los controles para asegurarse el cumplimiento.
<b>Verificar</b>	Tiene como objetivo evaluar si las operaciones y sus controles establecidos son adecuados y cumplen con los objetivos para los cuales han sido diseñados.
<b>Actuar</b>	Establece las necesidades de cambios al sistema, con esto garantiza que se mejore y los incumplimientos que se presenten no lo harán de nuevo.

Según lo discutido anteriormente, se realizó una herramienta basada en la revisión completa de los dos estándares (ISO 31000 e ISO 22301) en la que se tomó como base la estructura de alto nivel y el ciclo de mejora continua, presentado en la Figura 1.



**Figura 1.** Ciclo de la mejora continua (PHVA) y su relación con la estructura de alto nivel (los números corresponden a los capítulos del estándar ISO 22301:20202 Directrices para la Gestión de Continuidad de Negocio).

**Fuente:** Elaboración propia.

## Herramienta para la gestión del riesgo

En la gestión de riesgos es donde los dos estándares se integran, dado que en el caso de gestión de continuidad de negocio es necesario primero realizar un mapeo de los principales riesgos a los que está expuesta la organización. Por tanto, el diseño de la herramienta consideró este proceso, que establece tres etapas: evaluación del riesgo, valoración del riesgo y tratamiento del riesgo.

### Evaluación del riesgo

Esta primera etapa está diseñada para establecer cuáles riesgos u oportunidades están asociados con la organización y la potencial afectación que estos pueden tener en el modelo de negocio. Esta etapa incluye dos pasos: identificación y análisis de los riesgos y oportunidades.

Identificación de riesgos: el primer paso en la evaluación es identificar riesgos. Se recomienda en esta etapa realizar un análisis del contexto de la organización con el cual se pueden establecer situaciones potencialmente riesgosas para el negocio. En esta etapa se recomienda la utilización de la matriz conocida como “What If” o “¿Qué pasa si...?”. Esta herramienta permite por medio de una evaluación hipotética de escenarios saber cuáles serían las repercusiones de la materialización de las situaciones planteadas. La herramienta es presentada en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Herramienta propuesta para la identificación de riesgos.

Proceso	Matriz de identificación de riesgos			
	¿Qué pasa si...?	Impacto	Controles actuales	Recomendaciones



En esta matriz se necesita completar los siguientes pasos:

- Se convoca a los encargados del proceso que se vaya a evaluar.
- Se realiza por medio de una lluvia de ideas las situaciones que pudieran suceder, conocido como el "¿Qué pasa si...?"
- Importante tomar en consideración la evaluación de situaciones positivas que se convierten en oportunidades.
- Se establece el impacto que tendría la situación y con esto se identifica el riesgo u oportunidad. Si el riesgo u oportunidad puede presentarse razonablemente, entonces se traslada a la siguiente sección sobre evaluación de los riesgos y oportunidades.
- Como ejemplos de situaciones que puedan llevar a un riesgo a la organización, se pueden mencionar las siguientes: las fuentes de riesgo tangibles e intangibles; las causas y los eventos, las amenazas y las oportunidades; las vulnerabilidades y las capacidades; los cambios en los contextos externo e interno; los indicadores de riesgos emergentes; la naturaleza y el valor de los activos y los recursos; las consecuencias y sus impactos en los objetivos; las limitaciones de conocimiento y la confiabilidad de la información; los factores relacionados con el tiempo; — los sesgos, los supuestos y las creencias de las personas involucradas.

Análisis de riesgos y oportunidades: luego de identificar los riesgos y las oportunidades, se debe realizar un análisis de a cuáles de estos es pertinente establecer controles especiales para evitar las consecuencias, en caso de que se materialicen. Caso opuesto se presenta con las oportunidades, donde se buscan los medios para explotarlas. Los dos aspectos para clasificar los riesgos están basados en:

- Probabilidad: aplica tanto para riesgos como oportunidades. Se establece según la posibilidad de ocurrencia, la cual se define al tomar en consideración históricos de ocurrencia y el contexto en el que está la organización.
- Gravedad: es definido según las pérdidas económicas que pueda traer consigo la materialización de los riesgos. Para esto la organización debe establecer su apetito de riesgo, que está definido como la pérdida económica que la empresa está

dispuesta a asumir antes de iniciar procesos de tratamiento del riesgo (Project Management Institute, 2017).

- **Beneficio:** para las oportunidades en vez de evaluar la gravedad de la situación se toma en consideración el potencial beneficio si se logra explotar la oportunidad (García y García, 2008).

Una vez establecida la probabilidad, así como la gravedad o beneficio, se debe realizar una evaluación de si los riesgos u oportunidades son importantes para la organización y si es necesario establecer acciones adicionales para controlarlo y dar tratamiento en el caso de que se presenten. En el caso de las oportunidades, establecer acciones para explotar los potenciales beneficios.

### Valoración del riesgo

La manera semicuantitativa para realizar este análisis es por medio de matriz de impacto, también conocidos como mapas de calor. En la herramienta se desarrollaron dos tipos de mapas de calor, uno enfocado para los riesgos y otro para las oportunidades. Se diseñó por cinco categorías para cada entrada de la matriz, es decir, cinco categorías de probabilidad (1-5) y cinco categorías de gravedad o beneficio (1, 4, 8, 16 y 32). El producto entre las filas y las columnas establece el grado de importancia del riesgo o la oportunidad, según la siguiente clave propuesta en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Clave de color para riesgos y oportunidades.

EVALUACIÓN PROBABILIDAD				
1	2	3	4	5
Altamente improbable	Poco probable	Posible	Muy probable	Sistemático

EVALUACIÓN GRAVEDAD				
1	4	8	16	32
Irrelevante	Leve	Medio	Grave	Muy grave

EVALUACIÓN BENEFICIO				
1	4	8	16	32
Irrelevante	Leve	Medio	Alto	Muy alto

Producto	Clave de color	Riesgo	Oportunidad
<b>1-16</b>	● Verde	Riesgo bajo	Importancia baja
<b>20-32</b>	● Amarillo	Riesgo medio	Importancia media
<b>40-160</b>	● Rojo	Riesgo alto	Importancia alta

Recomendaciones en gestión de riesgos exponen que ante un riesgo medio y alto es necesario establecer planes de acción para atacar estas situaciones. Estos planes incluyen primero establecer controles para disminuir la probabilidad de ocurrencia, además de acciones que se van a tomar en caso de que el riesgo se presente (Rodríguez, Piñeiro y De Llano, 2013). Igual que en el caso de los riesgos, para las oportunidades se establecen acciones que permitan explotarlas de manera que se aproveche el potencial beneficio. Estas actividades deben mantenerse monitoreadas (García y García, 2008).

### *Tratamiento del riesgo*

El siguiente proceso es diseñar estrategias y actividades para abordar los riesgos según su naturaleza. Una estrategia bien diseñada permite disminuir el efecto de los riesgos y aumentar el beneficio obtenido por la explotación de las oportunidades. Asimismo, estas deben estar alineadas con los objetivos de la organización y con los recursos necesarios para lograrlo. En algunos casos, por la naturaleza del riesgo, es necesario establecer múltiples actividades sinérgicas que permitan controlarlo. En el caso de los riesgos se pueden asociar las siguientes estrategias generales:

- Evitar/ eliminar: se puede tomar la decisión de eliminar la amenaza por medio de modificación de las actividades, lo cual implica el replanteo de toda la operación. Este tipo de estrategia se utiliza cuando el riesgo tiene una probabilidad alta de ocurrencia; además de alta gravedad.
- Transferir/ compartir: en este tipo de estrategia se intenta que un tercero se encargue de asumir el riesgo, en caso de que se materialice; ejemplos de estos son la adquisición de seguros y pólizas. En algunos casos se puede compartir, por ejemplo, al realizar acuerdos con proveedores o clientes de que, ante riesgo específico, las pérdidas provocadas sean asumidas por ambos.
- Mitigar: son actividades que se aplican para modificar la probabilidad o la gravedad que tienen los riesgos. Actividades de modificación se pueden poner en

marcha previo a que el riesgo se materialice, para disminuir sus posibles impactos. Son actividades sencillas, como cambio de un proveedor, establecer contratos con procesos subcontratados, entre otros.

- Aceptar: esta estrategia va orientada a no establecer ninguna medida al presentarse el riesgo. Normalmente se aplican cuando la gravedad no es muy alta, por lo que la organización no tendrá altas repercusiones (Rodríguez et al, 2013; Project Management Institute, 2017).

Las oportunidades se deben abordar desde un punto de vista positivo, buscar la manera que esas situaciones puedan ser explotadas y conseguir el beneficio para la organización. Algunas estrategias asociadas con oportunidades son las siguientes:

- Explotar: normalmente se asocia con oportunidades de alta importancia, lo cual permite asegurar que este tipo de oportunidades se aprovechan; para esto se establecen planes de acción donde se mantiene un seguimiento continuo.
- Compartir: se puede decidir compartir con un tercero una oportunidad de importancia. Un ejemplo de esto sería estrechar relaciones con un competidor y entre los dos obtener el beneficio. Para este tipo de estrategia es de importancia saber elegir correctamente con quién compartirlo, porque se comunicará información importante de la organización.
- Mejorar: estrategia para modificar la probabilidad o el beneficio que puede obtener la organización, para que la organización pueda aprovechar mejor la oportunidad.
- Aceptar: esta estrategia se establece cuando se decide no hacer nada, porque la oportunidad es de bajo impacto o porque los recursos necesarios para explotarlo no están disponibles para sus actividades (García y García, 2008; Project Management Institute, 2017).

Una vez establecidas las estrategias – o combinación de estas- se diseñan los planes de acción requeridos. Es muy importante asignar los recursos necesarios, así como mantener un seguimiento constante para evaluar que los planes establecidos sean eficaces para lograr el abordaje de los riesgos y las oportunidades. En los cuadros 5 y 6 se presenta la herramienta para la gestión de riesgos.

## ***Herramienta para las estrategias de continuidad de negocio***

Planificación y preparación. En su norma para la continuidad de negocio, INTECO (2020) sugiere realizar una valoración de cuáles procesos son prioritarios para garantizar que el negocio no se detenga ante una situación de emergencia; aunado a esto es importante también reconocer los cargos importantes e implementar sus planes de sucesión.

Aspectos como los mencionados a continuación son importantes como información de entrada para establecer los procesos y puestos críticos:

- Establecer cuáles procesos están ligados directamente con el logro de los objetivos de la organización.
- Los dueños de procesos deben establecer cuáles requisitos son importantes para garantizar que el proceso continúe, como aspectos legales, procesos tercerizados, entre otros.
- Recursos importantes para los procesos, como infraestructura, presupuesto, competencias de los colaboradores, así como equipos y softwares (Krell, 2006).

Establecidos los procesos y cargos críticos, se deben identificar los tiempos asociados con la interrupción que podrían generar algún problema para mantener las operaciones y las condiciones mínimas de operación. Se definen entonces:

- Tiempo máximo permitido de interrupción: tiempo en que los efectos adversos asociados con la ausencia del producto o servicio se vuelven inaceptables.
- Tiempo de recuperación deseado: tiempo en que la organización estima como objetivo que se dé la recuperación ante un evento.
- Objetivo mínimo de continuidad de negocio: nivel mínimo de servicios o productos que se debe mantener para cumplir el objetivo de continuidad de negocio (Krell, 2006; INTECO, 2020).

**Cuadro 5.** Herramienta propuesta para la gestión de riesgos.

Proceso	Riesgo identificado	Análisis del riesgo		Valoración de riesgos	Control de riesgos		Tratamiento de los riesgos					Verificación de la eficacia				
		P	G		Ponderación PxG =	Actividades/sistemas existentes para controlar los riesgos	Documentación de referencia (si aplica)	Tipo de acción	Actividades	Fecha implementación	Responsable implementación	Estatus de la implementación	Fecha verificación	Responsable verificación	Evidencia verificación de la eficacia	

<b>Evaluación del riesgo – mapa de calor</b>						
<b>IR = P x G</b>						
<b>Gravedad</b>						
<b>Probabilidad</b>		<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
	<b>1</b>	1	4	8	16	32
	<b>2</b>	2	8	16	32	64
	<b>3</b>	3	12	24	48	96
	<b>4</b>	4	16	32	64	128
	<b>5</b>	5	20	40	80	160
	<b>RIESGO BAJO</b>		<b>RIESGO MEDIO</b>		<b>RIESGO ALTO</b>	



En esta matriz se necesita completar los siguientes pasos:

- Realizar una reunión con los encargados del proceso. En la primera columna se establece el proceso y el riesgo identificado.
- Basado en la evaluación de riesgos se establece la probabilidad y la gravedad (según el apetito de riesgo).
- Se establece la valoración (riesgo bajo, medio o alto).
- Se enumeran los controles por cada riesgo que existen para evitar que se materialice, además de una evidencia de su implementación.
- Si el riesgo se materializa, se tienen que establecer actividades de tratamiento como las descritas en este documento. Según la naturaleza del riesgo, se especifican los potenciales tratamientos, actividades, fechas y responsables.
- Luego de establecido el tratamiento, se tiene que evaluar la eficacia para establecer si el riesgo residual es aceptable para la organización o si es necesario establecer otro tratamiento que lo controle.

**Cuadro 6.** Herramienta propuesta para la gestión de oportunidades.

Proceso	Oportunidad encontrada	Análisis de oportunidad			Acciones tomadas ante las oportunidades				Verificación de la eficacia		
		P	B	Ponderación n= PxB	Actividades	Fecha implementación	Responsable implementación	Estatus de la implementación	Fecha verificación	Responsable verificación	Evidencia verificación de la eficacia

**Evaluación del riesgo - mapa de calor**

		<i>IR = P x G</i> <b>Beneficio</b>				
		<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
<b>Probabilidad</b>	<b>1</b>	1	4	8	16	32
	<b>2</b>	2	8	16	32	64
	<b>3</b>	3	12	24	48	96
	<b>4</b>	4	16	32	64	128
	<b>5</b>	5	20	40	80	160
	IMPORTANCIA BAJA		IMPORTANCIA MEDIA		IMPORTANCIA ALTA	



En esta matriz se necesita completar los siguientes pasos:

- En esta matriz se necesita completar los siguientes pasos:
- Se realiza en paralelo con el análisis de riesgos, en una reunión de los encargados del proceso que se esté evaluando. En la primera columna se establece el proceso y la oportunidad encontrada.
- Basado en la evaluación de oportunidades se establece la probabilidad y el beneficio.
- Se establece la valoración (importancia baja, media o alta).
- Se establecen actividades para la explotación de las oportunidades de importancia media y alta. Según la naturaleza de la oportunidad, se especifican las potenciales acciones, actividades, fechas y responsables.
- Luego de establecidas las acciones, se tiene que evaluar la eficacia en el aprovechamiento de la oportunidad, basado en la responsabilidad asignada y la evidencia que sustente la acción.

En el caso del último término es homólogo a “apetito del riesgo”, es un límite establecido para iniciar una respuesta y la toma en marcha de los tratamientos. Se diseñó una herramienta que permite mapear estos indicadores; los cuales utilizan como información de entrada el análisis de riesgo y los procesos críticos de la organización, identificados en fase previa. Además de cualquier otro proceso que por juicio de experto se considere prioritario.

Una vez establecidas las etapas previas, se deben realizar los planes preventivos a la presentación de un incidente. Estos van orientados a disminuir la probabilidad de que ocurran los procesos o de atenuar, en alguna medida, las consecuencias que se pueden presentar. Estos planes deben estar asociados con la amenaza específica, así como los recursos y el monitoreo que se va a mantener tanto de los controles como la amenaza misma. Este último, con el fin de establecer necesidades de actualización de la gestión de los riesgos.

Respuesta ante emergencia/ interrupción. En el manejo de la crisis se tiene que tomar en consideración la forma en que se va a manejar la comunicación, los procesos críticos, el recurso humano, relaciones con los suplidores y los clientes; junto con cualquier otra área que pueda verse afectada durante la interrupción. El fin principal de esta etapa es lograr mantener los objetivos de continuidad de negocio mientras se implementan los planes de recuperación. Ante una situación de crisis la organización puede considerar las siguientes estrategias:

- Procesos de respaldo para lograr el objetivo de continuidad de negocio.
- Utilización de pólizas, seguros, instalaciones de respaldo.
- Procedimientos específicos por cada tipo de amenaza.
- Potenciales ayudas del sector, posibilidad de realizar convenios con competidores (Krell, 2006).

Es importante que, además de considerar lo anterior, las estrategias de continuidad del negocio estén correctamente estructuradas para que sean fácilmente comprendidas en caso de que lo necesiten los encargados de la organización. Los planes de crisis están diseñados con base en la naturaleza de cada una de las amenazas. En algunas ocasiones se pueden resolver fácilmente y otros necesitan grandes esfuerzos por parte del personal. Se toman en consideración aspectos como:

- Establecimiento de responsables y autoridades.

- Recursos necesarios.
- Punto de partida para el inicio de aplicación del plan.
- Estrategias de comunicación.
- Estrategias definidas para la crisis: instalaciones, personas, tecnologías de la información, proveedores y clientes
- Registros asociados a la situación (University Council, 2018; INTECO, 2020).

Actividades de recuperación. Al suceder un evento disruptivo, se aplican primero los procesos de manejo de crisis para mantener la operación y se tienen que iniciar en paralelo los procesos de recuperación, para lograr restablecer el proceso regular de la organización. Durante el establecimiento de las actividades de recuperación, es importante asociar los recursos necesarios para ponerlas en marcha, con el objetivo que se tengan previstas las necesidades de la organización en caso de un evento. En el cuadro 7 se presentan algunas actividades para la recuperación

**Cuadro 7.** Estrategias para la recuperación ante un incidente disruptivo. Fuente: adaptado de SELA (2017).

Área	Actividades
<b>Infraestructura</b>	Establecimiento de lugares alternos para la operación con todos los servicios requeridos.
<b>Materias primas</b>	Establecimiento de proveedores secundarios, mantener inventarios de seguridad, establecer proveedores nuevos.
<b>Equipos</b>	Renovación de equipos, mantener los viejos como repuestos. Utilizar los mismos equipos o adecuarlos a la necesidad de la nueva instalación.
<b>Financiero</b>	Mantener líneas de crédito contingente, mantener una cuenta de efecto.
<b>Relación con clientes</b>	Establecer canales de comunicación ante las respuestas a los incidentes.
<b>Comunicación</b>	Con las partes interesadas y con las entidades gubernamentales.

Es importante para una organización, el desarrollo de los planes de continuidad de negocio sujeto a los recursos financieros que se van a necesitar. Cuanto más expedita se requiera la recuperación, se necesita – en general – una mayor inversión por parte de la empresa. En el cuadro 8 se presenta la herramienta propuesta para la gestión de continuidad de negocio.

**Cuadro 8.** Herramienta propuesta para las estrategias de continuidad de negocio.

Evento	Fase preventiva				Fase de interrupción				Fase de recuperación			
	Amenazas	Controles preventivos	Recursos necesarios	Monitoreo	Situación indicadora	Plan de contingencia	Monitoreo	Consecuencias	Actividades de recuperación	Recursos necesarios	Controles de recuperación	



En esta matriz se necesita completar los siguientes pasos:

- Esta matriz se desarrolla en un equipo conformado con los dueños de proceso y gestores del sistema.
- Es necesario haber desarrollado un análisis de riesgos, así como de impactos a la organización.
- Las fases se deben desarrollar para cada tipo de evento y amenaza detectada. Las actividades, responsabilidad, controles de cada etapa deben ser específicos y estar respaldados por evidencia medible.
- El indicador de inicio de planes de mitigación tiene que establecerse por un consenso, ser lo suficientemente estricto para iniciarse cuando proceda y que no se realice a menos que sea necesario.
- En los planes de contingencia es importante tomar en consideración una actualización periódica para establecer que siguen cumpliendo la previsión de objetivo.

## Discusión

Dentro de las investigaciones previas hechas por otros autores y con metodologías distintas han asociado algunos aspectos del contexto que podrían generar riesgos como el exceso de intermediarios en las ventas, poca disponibilidad de financiamiento, falta de seguridad en abastecimiento de materias primas e insumos tal como lo estableció Arce et al (2018). En la investigación realizada por Diabat (2011) se hicieron recomendaciones como mejorar el departamento de aprovisionamiento, mejoras en la comunicación y utilización de pronósticos de demanda que permite mitigar el riesgo y disminuir la probabilidad de ocurrencia. Brachev (2012) realizó un estudio específico para el sector agroindustrial, que al igual que los resultados anteriores estableció que uno de los principales desafíos para este sector es la calidad y la capacidad de aprovisionamiento de materias primas e insumos; además de cambios en hábitos de consumo, acceso a tecnologías, producción masificada, entre otros. Este artículo también resalta oportunidades para las empresas como: consumidores anuentes a pagar más por calidad, integrar los negocios de forma vertical (proveedores y clientes), avances en tecnologías, capacidades de producción e innovación, preocupación por el medio ambiente, entre otras.

En Costa Rica se han hecho investigaciones para intentar desarrollar competencia en la gestión de riesgos tal como la de Rivera (2016) que realizó un estudio sobre gestión de riesgos en el cultivo del café. Dentro de sus hallazgos encontró que los cafetaleros no conocen sobre sus riesgos ni los manejan de alguna manera sistemática. Adicionalmente, estableció que aplicar una correcta gestión de riesgo le permite a la organización estabilizar sus operaciones, así como reducir las potenciales pérdidas en un 80 %.

La gestión de continuidad de negocio no es un proceso común en una organización. De hecho, en Costa Rica no existen empresas certificadas en este sistema, lo que no quiere decir que no se tome en consideración establecer estos planes, pero no con la formalidad de un sistema de gestión certificado. Ejemplo de iniciativas en este tema lo presentó Valverde (2018), quien realizó una propuesta de plan de continuidad de negocio para una empresa ganadera. Obtuvo como resultados que la empresa no gestionaba de ninguna manera ni sus riesgos o continuidad de negocio, y que si se lograra establecer permitiría asegurar el proceso en caso de crisis.

Si hay una lección aprendida con el contexto actual referente a la pandemia provocada por la COVID-19, es la necesidad de establecer potenciales escenarios de crisis y que las empresas se preparen ante ellos. El sector agroindustrial fue altamente golpeado por esta situación: disminución de exportaciones, disminución de precios, pérdida de producto son ejemplos de las principales afectaciones sufridas. O'neal (2020) expone actitudes resilientes que productores del sector agrícola han de desarrollar ante el contexto actual. Por ejemplo, el desarrollo de un portal virtual donde productores

primarios han logrado comercializar sus productos sin intermediarios, que ha demostrado ser exitoso y que incluso podría convertirse en todo un modelo de negocio.

## Conclusiones

La revisión del contexto de las empresas agroindustriales en Costa Rica expuso una alta dependencia de las condiciones medioambientales, políticas públicas, crisis económicas e incluso situaciones poco recurrentes como una pandemia.

El ciclo de la mejora continua permite establecer la ruta para fijar los sistemas de gestión de riesgos que permitan: planificar, implementar las acciones, evaluarlas y darle seguimiento. Esto, representado en la herramienta como identificación de riesgos, evaluación, valoración y tratamiento.

También, basado en el ciclo de la mejora continua, la herramienta para la gestión de continuidad de negocio permite establecer potenciales amenazas para la empresa, su preparación ante la emergencia, las acciones a tomar durante la situación y como recuperar las condiciones originales de la operación agroindustrial.

La pandemia por COVID-19 ha demostrado ser un escenario en el que las empresas agroindustriales han sido afectadas directamente, la resiliencia que hayan presentado permitirá establecer su permanencia en el mercado. Se han presentado iniciativas ante la emergencia, pero estas tendrían un mejor efecto si fueran gestionadas de manera sistemática para disminuir su potencial afectación en el agronegocio.

La herramienta realizada se desarrolló para fuera de fácil aplicación y seguimiento por parte de las PYMES por lo cual, futuras investigaciones pueden evaluar la aplicación de estas herramientas basado en un diagnóstico y los beneficios que puede traer a la organización agroindustrial.

## Literatura citada

- Arce, E., Lorenzo, L. Echázabal, A., Torres, B. y Pérez, J. (2018). Metodología para la gestión de riesgo en las organizaciones de la industria alimentaria. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), 1-11
- Barquero, M. (a). (27 de Febrero de 2017). 850 millones perdió el sector agropecuario por ceniza del volcán Turrialba. La Nación.
- Barquero, M. (b). (7 de Enero de 2017). Huracán Otto dejó pérdidas por 30 600 millones en el agro. La Nación.

- Barquero, M. (c). (29 de Noviembre de 2017). Pérdidas agrícolas por tormenta Nate alcanzan los 16 578 millones. La Nación
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., Fung, E., . . . Donatti, C. (2015). La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? Copenhague: CGIAR Research Program on Climate.
- Brachev, H. (2012). Risk Management in the Agri-food Sector. Contemporary economics, 45-62.
- Casares, I., y Lizarzaburu, E. (2016). Introducción a la gestión integral de riesgos empresariales: enfoque ISO 31000. Lima: Platinum Editorial SAC.
- Castañeda, M. L., y Sánchez, J. (2016). Gestión del riesgo como eje articulador de un sistema de gestión integrado en las pymes. SIGNOS, 7(1), 119-131.
- Diabat, A., Kannan, G., y Panikar, V. (2011). Supply chain risk management and its mitigation in a food industry. International Journal of Production Research, 1-27
- García, A., y García, M. (2008). Reconocimiento de la oportunidad y emprendeduría de base tecnológica: un modelo dinámico. Investigaciones europeas de Dirección y Economía de la Empresa, 109-125
- Hidalgo-Nuchera, A., Herrera-González, R., López-Rodríguez, V., y Velázquez-López, G. (2009). El Sector de la industria alimenticia de Costa Rica: una perspectiva desde la cadena de valor. San José: Universidad de Costa Rica.
- INTECO. (2020). INTE/ISO 22301:2020 Seguridad de la sociedad. Sistemas de gestión de continuidad de negocio. Requisitos. San José: INTECO.
- Hopkin, P. (2010). Fundamentals of Risk Management. USA: Institute of Risk Management
- Krell, El. (2006). Business continuity management. Canada; CMA
- Lizarzaburu, E., Barriga, G., Noriega, L., López, L., y Mejía, P. (2017). Gestión de riesgos empresariales: marco de revisión ISO31000. Revista Espacios, 38(59), 8-29.

- Meneses, K. (17 de abril de 2020). Sector agropecuario ha tenido pérdidas millonarias por el COVID-19. Sinart
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio. (2017). Estado de situación de las pyme en Costa Rica 2016. San José: MEIC.
- Muñoz, D. (14 de abril de 2020). El coronavirus enseñó que el país debe sembrar lo que come. Semanario Universidad.
- O'neal, K. (16 de mayo de 2020). La agricultura costarricense se reinventa frente a la pandemia del COVID-19. Universidad de Costa Rica
- Passenheim, O. (2010). Enterprise Risk Management. USA: Prof Olaf Passenheim y Ventus Publishing ApS.
- Project Management Institute. (2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Rivera, Y. (2016). Diseño de una metodología para la administración del riesgo basada en la norma ISO 31000 "Gestión del Riesgo" aplicable al cultivo del café. San José: Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez, M., Piñeiro, C., y De Llano, P. (2013). Mapeo de riesgos: identificación y mapeo de riesgos. Atlantic Review of Economics, 3, 1-29.
- Sáez, A. (2013). Modelo integral para la implementación de un plan para la continuidad de negocio en Chile. Santiago: Universidad Austral de Chile.
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (2011). Política del Estado para el sector agroalimentario y el desarrollo rural costarricense 2010-2021. San José: SEPSA-MAG.
- SELA. (2017). Guía para a continuidad de negocios y operaciones de las MIPYMES frente a escenarios de desastres. Caracas: Secretaría Permanente del SELA.
- University Council. (2018). Bussiness continuity management and resilience framework. Griffith University

Valverde, H. (2018). Propuesta de un plan de continuidad de negocio para la empresa ganadera Palmira S.A. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villalba, R. (2017). Modelos de resiliencia organizacional en las pyme y su impacto en la cadena de abastecimiento. Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, 4(8), 77-78.