

Perspectiva Multidisciplinaria

Volumen IV

Olga Bravo Acosta - Coordinadora



ISBN: 978-9942-614-24-7



9 789942 614247

Ediciones UTEG

46 pp.

Título: Desarrollo, Ambiente Y Sociedad.

Perspectiva Multidisciplinaria Volumen IV

Olga Bravo Acosta (Coordinadora)

Primera edición 2023

ISBN: 978-9942-614-24-7

Multidisciplinaria

Publicaciones en formato PDF

Perspectiva Multidisciplinar

Volumen IV

Autoridades UTEG

Mara Cabanilla Guerra, PhD.
Rectora

Econ. Otto Suárez, PhD.
Decano de Posgrado

Econ. Galo Cabanilla Guerra, PhD.
Canciller

Ing. Diego Aguirre, MSc.
Decano de Grado

Econ. Mercedes Conforme Salazar, PhD.
Vicerrectora académica

Arq. José Bohórquez, PhD.
Secretario General

Econ. Karina Alvarado Quito, MSc.
Vicerrectora de Innovación,
Investigación y Desarrollo

© Editorial UTEG

Desarrollo, Ambiente Y Sociedad. Perspectiva Multidisciplinaria Volumen IV

© Del autor

ISBN 978-9942-614-24-7

Ecuador

Dirección y edición editorial:

Luis Carlos Mussó / Carlos Luis Ortiz

Diseño y diagramación:

Ricardo Espinosa

Primera edición:

Diciembre de 2022

Libro revisado por pares

La edición de Perspectivas Multidisciplinarias del II Congreso Internacional de Desarrollo, Ambiente Y Sociedad estuvo al cuidado de la Editorial UTEG.

En su composición tipográfica se utilizó la familia **Raleway**.

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIONES REVISADO POR PARES ACADÉMICOS



Contenido

Estimación del valor económico de la captura de dióxido de carbono (co2) en fincas de cacao en la unocace

Yordi Arriaga Bustamante, Sergio Pino Peralta

11

Restricción de emisiones de gases de escape de motores diésel enfocado al transporte público

*José Manuel Benitez Quintero, Fernando Mendoza Vázquez ,
Lucero de Monserrat Ortiz Aguilar, José de Jesús Colín Robles*

21

Desarrollo económico y empresarial sustentable: una propuesta para América Latina

*Jaime Eduardo Gonzalez Díaz, Marelys Dorina Mulford Hoyos
Alexander Enrique Gary García*

31

Presentación

El presente libro es resultado de las investigaciones arbitradas para el III Congreso Desarrollo, Ambiente y Sociedad, realizado del 26 al 28 de octubre de 2023 en el campus de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, bajo una modalidad híbrida que permitió la presentación de las ponencias tanto en modo presencial como virtual.

Su contenido reúne las investigaciones presentadas en el evento que conformaron un acercamiento integral, multidimensional, inter y transdisciplinar para responder al llamado de acción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los ámbitos de actuación de las instituciones educativas, empresas, administración pública, grupos sociales y comunidades en general.

La temática Gestión empresarial, producción y consumo sostenibles, estuvo orientada a aquellas investigaciones en las cuales prevaleciera la utilización del poder innovador empresarial para ofrecer modalidades de consumo y producción sostenibles, a los fines de reducir los impactos ambientales y sociales de los productos y servicios.

Así, en el trabajo titulado "Estimación del valor económico de la captura de dióxido de carbono (CO₂) en fincas de cacao en la UNOCACE", de la Universidad de Guayaquil, Ecuador, se llevó a cabo una investigación de campo para obtener mediciones de biomasa viva, biomasa muerta, carbono total y CO₂ capturado, para estimar la valoración económica, permitiendo determinar un beneficio anual estimado de USD 12.444,28 en el mercado voluntario de carbono, y de USD 25.708,66 con el mejor comprador del mercado regulado.

Por su parte, la investigación titulada "Desarrollo económico y empresarial sustentable: una propuesta para América Latina", de la Universidad del Sinú Seccional Cartagena, Colombia, a partir de una exhaustiva revisión documental, presenta un modelo de articulación de las acciones de desarrollo desde lo regional hasta lo empresarial, alineado con los objetivos de desarrollo sostenible. El mismo involucra el impulso de la agricultura sostenible o agricultura regenerativa, que permite la acumulación de riqueza pasando de una industrialización de baja sofisticación a una de alta sofisticación, en el marco de la economía circular y la responsabilidad social como modelos de gestión.

La temática Infraestructuras resilientes, industrialización sostenible e innovación, se centró en presentar los avances alcanzados en industrias o empresas sostenibles cuyo respaldo se encuentra en la innovación y el desarrollo de infraestructuras que favorecen el crecimiento económico, el desarrollo social y la acción contra el cambio climático.

En tal sentido, la investigación titulada "Restricción de emisiones de gases de escape de motores diésel enfocado al transporte público", del Instituto Tecnológico Nacional de México / ITS de Purísima del Rincón, México, se enfoca en mejorar el aprovechamiento de energía, con respecto al sistema convencional, en gases de escape de un motor diésel turboalimentado que es parte importante del sistema híbrido propulsor, mediante simulaciones realizadas a partir de un modelo matemático de quinto orden. Al impulsar el uso de un transporte público eficiente, se reduce la utilización de automotores particulares, lo cual se traduce en una mejor movilidad que reduce los tiempos de traslado y, en consecuencia, reduce las emisiones de escape al medio ambiente.

Estimación del valor económico de la captura de dióxido de carbono (CO₂) en fincas de cacao en la unocace

Yordi Arriaga Bustamante, Sergio Pino Peralta

Universidad de Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo valorar económicamente las remociones de CO₂ en la atmósfera, realizadas por los árboles de cacao de la Asociación "El Deseo", de la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras - UNOCACE, en una superficie de 118 ha; aplicando una metodología de tipo descriptiva. Los datos fueron tomados mediante un muestreo aleatorio simple. Las variables obtenidas fueron: biomasa viva, biomasa muerta, carbono total y CO₂ capturado, siendo esta última la de mayor significancia para estimar la valoración económica. Para los datos biométricos, se utilizaron ecuaciones alométricas. Los resultados muestran que la cantidad de reservas de carbono son de 10.104,49 ton en la biomasa aérea, 2.112,2 ton en la biomasa muerta. El flujo de fijación de carbono es de 339,35 ton al año. Estos valores determinan un beneficio anual estimado de USD 12.444,28 en el mercado voluntario de carbono, y de USD 25.708,66 con el mejor comprador del mercado regulado.

Palabras clave: Valoración económica, Cacao, CO₂ capturado, Mercado de carbono.

ABSTRACT

The objective of this research was to economically value the CO₂ removals in the atmosphere, carried out by the cocoa trees of the Association "El Deseo", of the UNOCACE, which has an area of 118 ha; for which a descriptive methodology was applied. The data collection was based on a simple random sampling, selecting 5 specimens. The variables obtained were live biomass, dead biomass, total carbon, and CO₂ captured, the latter being the most significant for estimating the economic valuation. Allometric equations were used for the biometric data. The results show that the amount of carbon stocks are 10104.49 tons in aboveground biomass, 2112.2 tons in dead biomass. The carbon fixation flux is 339.35 tons per year. These values determine an estimated annual benefit of \$ 12,444.28 in the voluntary carbon market, and \$ 25708.66 with the best buyer in the regulated market.

Keywords: Economic valuation, Cocoa, CO₂ captured, Carbon market.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero emitido por la actividad humana. En los últimos 150 años, esta forma de explotación de los recursos naturales ha contribuido de manera significativa al aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre. En la actualidad, cerca del 20% de la difusión de dióxido de carbono se debe a la destrucción y degeneración del medio ambiente (Ramírez, Panduro, & Miranda, 2014).

A medida que se deteriora el medio ambiente, la opinión pública busca formas de revertir estos declives, teniendo en consideración los retos económicos y sociales también, de cada comunidad. Los programas de captura de carbono son instrumentos con un enorme potencial para contribuir a la transición hacia el desarrollo sustentable.

En los últimos años, el uso insostenible de los recursos naturales ha aumentado la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre, y aquí es donde entran las plantaciones de cacao, porque son los árboles quienes atrapan CO₂ y juegan un papel clave en el medio ambiente. En otras palabras, las plantaciones de cacao (de las que hay muchas en el país al ser Ecuador exportador exclusivo de esta materia prima) tienen un impacto importante en el flujo mundial de carbono y pueden utilizarse en los mercados de carbono, lo que no sólo reduciría la contaminación, sino que también contribuiría positivamente a los ingresos económicos del país.

Este trabajo se realizó con el objetivo de estimar, a través de ecuaciones alométricas, el contenido total de la biomasa y el carbono acumulado en las plantaciones de la Asociación 'El Deseo' de la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras (UNOCACE), a fin de evaluar ese dato en los mercados de carbono y determinar el aporte económico que generaría para el país.

MÉTODO

El presente estudio se llevó a cabo en la Asociación "El Deseo", de la UNOCACE; la cual está ubicada en el Km. 30 de la autopista Durán-Bolicho-Milagro, de la provincia del Guayas. El diseño de esta investigación es no experimental, pues, no se manipularon variables para producir resultados, más bien, la recolección de datos sobre los árboles de cacao se llevó a cabo gracias a una investigación de campo. Básicamente, se midió parámetros biométricos y, a partir de ellos, se logró determinar la biomasa total y carbono almacenado en el territorio.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Para conocer el total aproximado de árboles de cacao sembrados por la Asociación 'El Deseo', se llevó a cabo una entrevista directamente en las oficinas de UNOCACE. Según (Cabello, 2023), 'El Deseo' consta de 48 miembros, que suman un total de 118 h de cacao sembrado.

Para el desarrollo de las ecuaciones siguientes, que son las que ayudarán a calcular la captura de CO₂ que estas plantaciones hacen, se determinó un total de 5 ejemplares seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple.

PARÁMETROS ESTUDIADOS

- Fijación de carbono en el suelo
- Carbono presente en la biomasa aérea
- Carbono presente en la biomasa muerta
- Flujo anual de carbono

CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA

BIOMASA AÉREA

Para hallar la biomasa total aérea se utilizó el siguiente método: la medición del diámetro del tallo; para el caso de estudio de este proyecto, la especie *Theobroma cacao* L., el diámetro se midió a 30 cm del suelo. Una vez realizado esto, se calculó la biomasa aérea total utilizando la fórmula propuesta en la investigación de (Ramírez, Panduro, & Miranda, 2014):

$$\text{Biomasa aérea total para el cacao: } B = 10 - 1,625 + 2,63 \times \log(d_{30})$$

Donde:

B = biomasa aérea total (kg árbol⁻¹)

D₃₀ = diámetro a 30 cm del suelo

BIOMASA MUERTA

En el caso de la biomasa muerta, se empleó la metodología de ICRAF (2009), donde se usó un marco cuadrado de 0,25 m² (50 cm x 50 cm); el mismo proceso empleado por (Ramírez, Panduro, & Miranda, 2014).

El proceso se llevó a cabo recolectando todo el material dentro del marco; se tomó una submuestra de 200 g que se guardó en una bolsa de papel, y luego el material se transportó a un horno, donde se secó a 60 °C hasta alcanzar un peso constante.

Para hallar el valor de la materia seca se empleó la fórmula siguiente:

$$MS(bm) = \left(\frac{PS \text{ submuestra}}{PF \text{ submuestra}} \right) * PFT$$

Donde:

MS (bm) = Materia seca de la biomasa muerta (kg)

PS submuestra = Peso seco de la submuestra

PF submuestra = Peso fresco de la submuestra

PFT = Peso fresco total

BIOMASA TOTAL

Se calculó la biomasa total mediante la siguiente fórmula:

$$BS \text{ total} = BS \text{ aérea total} + MS \text{ muerta total}$$

CANTIDAD DE CARBONO EN LA BIOMASA

Para calcular la cantidad de carbono almacenada en un ejemplar de Theobroma cacao, se hizo uso de una fórmula previamente empleada en trabajos investigativos, como es el caso de la investigación de (Ramírez, Panduro, & Miranda, 2014). La fórmula es la siguiente:

$$CT = Bt * Fc$$

Donde:

CT: Carbono total (medido en toneladas, t)

Bt: Biomasa total aérea

Fc: Fracción de carbono en biomasa (0,5)

Según (Quiceno, Tangarife, & Álvarez), se multiplica la biomasa total con el factor 0,5, pues, esto es el 50% de la biomasa vegetal.

FIJACIÓN ANUAL DE CARBONO

Para el cálculo de la fijación anual de carbono, se procedió a dividir el carbono almacenado en la biomasa versus la edad de la plantación del cultivo de Theobroma cacao L. de la Asociación 'El Deseo'. La fórmula fue la siguiente:

$$FAC = \frac{CAB}{E}$$

Donde:

FAC = Fijación anual de carbono (ton C/ha/año)

CAB = Carbono almacenado en la biomasa (ton C/año)

E = Edad de la plantación (años)

CÁLCULO DEL DIÓXIDO DE CARBONO CAPTURADO

Al momento de estimar cuánto dióxido de carbono (CO₂) captura un árbol de cacao, se empleó la siguiente fórmula, que fue usada también por otros autores como (Morales & Vásquez), (Sosa) y (Cabudivo):

$$CO_2 = FAC * 3,6663$$

En donde:

CO₂: Carbono capturado en (ton C/ha/año)

FAC: Fijación anual de carbono (ton C/ha/año)

3,6663: factor de conversión a dióxido de carbono. Este valor es resultado de la división entre los pesos moleculares del carbono y dióxido de carbono:

Peso del CO₂: 43,999915

Peso atómico del carbono: 12,001115

$$\frac{43,999915}{12,001115} = 3,6663$$

CÁLCULO DEL DIÓXIDO DE CARBONO CAPTURADO

Para calcular el valor económico como tal, del dióxido de carbono capturado por los árboles de cacao de la Asociación 'El Deseo', de la UNOCACE, se realizó una sencilla multiplicación entre la cantidad de CO₂ capturado y el precio del mercado elegido. La misma fórmula fue empleada por (Sosa) y (Hernández & Vargas).

$$V_e = CO_2 * Precio\ del\ mercado$$

Donde:

Ve: valoración económica del carbono (en dólares americanos)

CO₂: dióxido de carbono capturado (en toneladas, t)

ESCENARIOS EN QUE SE OBTENDRÍAN BENEFICIOS POR CARBONO**ESCENARIO 1: MERCADO DE CARBONO VOLUNTARIO**

Para estimar el valor económico de la captura de carbono por las especies muestreadas, se utilizó, en primer lugar, un escenario de mercado voluntario de carbono. Aquí se determinó el valor monetario de los pagos de estas organizaciones voluntarias, en particular Carbonfund, ya que esta organización gestiona proyectos de protección del clima, compensación de carbono, reducción de GEI y reforestación, a individuos, empresas y organizaciones, con normas y directrices muy estrictas en este sector (Morales & Vásquez). En la Tabla 1 se detalla el precio por tonelada métrica de carbono que paga Carbonfund.

Entidad	País de origen	Precio de 1t de CO ₂
Carbonfund	East Aurora, Nueva York, Estados Unidos	10,00 USD

Tabla 1. Escenario 1: Mercado voluntario. Tomado de: (Morales & Vásquez).

ESCENARIO 2: MERCADO DE CARBONO REGULADO

Para el cálculo monetario del secuestro de carbono por parte de las especies estudiadas, se optó también por el segundo escenario, es decir, el mercado regulado o mercado de cumplimiento. Este tipo de mercado es el utilizado por las empresas o incluso el gobierno, que están obligados por ley a rendir cuentas sobre sus emisiones de GEI y que están normados por programas de disminución de emisiones de carbono. La Tabla 2 muestra el valor monetario por el pago de entidades que pertenecen al mercado de cumplimiento (Morales & Vásquez).

Entidad	País de origen	Precio de 1t de CO ₂
SENDECO2	España	17,06 USD
California Air Resources Board	Estados Unidos	14,61 USD
Tanjiaoyi News Service	China	07,50 USD
European Energy Exchange	UE	17,30 USD
Korea Exchange	Corea del Sur	20,66 USD
OMF CommTrade	Nueva Zelanda	15,58 USD
Ontario Ministry of the Environment and Climate Change	Canadá	14,60 USD
RGGI, Inc. Schweizer Emissionshan delsregiste	Suiza	08,25 USD

Tabla 2. Escenario 2: Mercado regulado. Tomado de: (Morales & Vásquez).

RESULTADOS

DIÁMETRO DE CIRCUNFERENCIA (A 30 CM DEL SUELO)

Se muestran los resultados de las mediciones realizadas a los ejemplares, en la Tabla 3, la cual detalla los valores de la circunferencia a 30 cm del suelo que fueron medidos en los árboles de cacao en la Asociación 'El Deseo'. Se puede apreciar entonces, que el promedio de los diámetros a 30 cm del suelo es de 21,28 cm aproximadamente.

Ejemplar	Diámetro a 30 cm del suelo
1	22,12
2	19,86
3	20,52
4	24,72
5	19,19
Promedio	21,28

Tabla 3. Resultados del diámetro a 30 cm del suelo de los árboles muestreados.

VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LAS ESPECIES MUESTREADAS

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA

En la Tabla 4 se muestra el valor de la biomasa acumulada en la parte aérea de los árboles de cacao de la Asociación 'El Deseo' de la UNOCACE.

Ejemplar	Diámetro de circunferencia (cm)	Biomasa aérea total (kg)	Biomasa aérea total (ton/ha)
1	22.12	81,6178	93,0443
2	19.86	61,4731	70,0794
3	20.52	66,9925	76,3715
4	24.72	109,3245	124,6299
5	19.19	56,1678	64,0313
Promedio	21.28	75,1151	85,6313

Tabla 4. Biomasa aérea total de los árboles de cacao muestreados

Para obtener el total aproximado de la biomasa aérea total de toda la población de estudio, se hizo una multiplicación entre el promedio de la biomasa aérea total por hectárea y el total de hectáreas que suman todos los socios de 'El Deseo'. El cálculo fue de la siguiente manera:

$$BAT \text{ 'El Deseo'} = 85,6313 \text{ ton/ha} * 118 \text{ ha}$$

$$BAT \text{ 'El Deseo'} = 10104,4934 \text{ ton}$$

Es así como se determinó que las plantaciones de cacao en la Asociación 'El Deseo' poseen una biomasa aérea total de aproximadamente 10104,49 toneladas.

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA MUERTA

Variables de estudio				
Peso fresco total/0,25 m ² (gr)	Peso fresco submuestra (gr)	Peso seco de la submuestra (gr)	BM kg/0,25 m ²	BMT (Ton/Ha)
363,7	200	123,8	0,45	17,9
*BM = Biomasa muerta		*BMT = Biomasa muerta total		

Tabla 5. Cantidad de biomasa acumulada en la hojarasca

La Asociación 'El Deseo' acumula 17,9 toneladas de biomasa muerta por hectárea, como se puede observar en la Tabla 5. Este valor, multiplicado por el área total de estudio, 118 hectáreas, da por resultado 2112,2 toneladas, que es entonces, la cantidad de biomasa muerta total.

ESTIMACIÓN DE CARBONO TOTAL ALMACENADO EN LA BIOMASA

Datos promedio de la evaluación de las variables estudiadas				
BAT (ton/ha)	BMT (ton/ha)	BT = BAT + BMT (ton/ha)	CAB = BT*FC (ton C/año)	FAC = CAB/E (ton C/ha/año)
85,6313	17,9	103,5313	51,76565	2,875869444

Tabla 6. Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono

Como se puede apreciar en la Tabla 6, la biomasa aérea total de los ejemplares muestreadas es de 85,6313 ton/ha, la biomasa muerta total es de 17,9 ton/ha, sumado estos valores se obtiene el total (BT) de 103,5313 ton/ha.

Luego de determinar esa cantidad de biomasa acumulada en la muestra se halló la reserva de carbono almacenado en la biomasa multiplicando la biomasa total acumulado por el factor de carbono (de 0,5) cuyo resultado fue de 51,77 ton c/año.

El flujo anual de carbono se calculó dividiendo la biomasa acumulada entre la edad de las plantaciones (18 años), expresando así la dinámica de la acumulación de carbono. Es necesario destacar que los mercados internacionales consideran estos flujos reales de carbono almacenado cada año (expresado como CO₂/ha/año), para otorgar los créditos por este servicio.

En esta investigación entonces, se determinó que la Asociación 'El Deseo' tiene en promedio una fluctuación de 2,87 ton C/ha/año. Multiplicando este valor por las 118 hectáreas que pertenecen a la Asociación, se obtuvo entonces que, ésta captura 339,35 toneladas de carbono al año aproximadamente.

ESTIMACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO CAPTURADO

Se llevó a cabo la siguiente operación matemática para estimar la cantidad de dióxido de carbono capturado: multiplicar el flujo de carbono por el factor de conversión a dióxido de carbono (3,667).

$$CO_2 = 2,87 \text{ ton C /ha/año} * 3,667$$

$$CO_2 = 10,5458 \text{ ton C /ha/año}$$

ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LA CAPTURA DE CO₂ VALOR MONETARIO DEL CO₂ EN EL MERCADO VOLUNTARIO

Carbono almacenado en la biomasa	Flujo de carbono	Flujo*3,667	ton CO ₂ * US\$10	Total por 118 ha de la Asociación 'El Deseo'
ton C/ha	ton C/ha	ton CO ₂ equivalente (ton/ha/año)	Monto a recibir por año/ton/ha	USD
51,7657	2,8759	10,5458	105,4581	12444,28

Tabla 7. Estimación de los créditos de carbono en el mercado voluntario

Como se observa en la Tabla 7, las plantaciones de cacao en 'El Deseo' proyectan un ingreso anual aproximado de US\$ 105,46, por ton CO₂/ha/año. El resultado se obtuvo mediante la multiplicación del flujo anual de CO₂ capturado por el precio por tonelada de CO₂ fijado por el mercado de carbono Carbonfund (US\$ 10).

Al multiplicar el ingreso proyectado por ton CO₂/ha/año y el total de hectáreas de la Asociación se obtuvo el valor de US\$ 12.444,28 dólares americanos, que puede interpretarse como un beneficio adicional aproximado anual por la captura de CO₂ en las fincas de la Asociación 'El Deseo'.

Entidad	Precio de CO ₂ (en US\$ al 2018)	ton CO ₂ /ha/año capturado	Valor total recibir por año/ton/ha	Total por 118 ha de la Asociación 'El Deseo' (en US\$)
SENDECO ₂	17,06	10,5458	179,918	21229,5391
California Air Resources Board	14,61	10,5458	154,0741	18180,7483
Tanjaoyi News Service	7,5	10,5458	79,0935	9333,033
European Energy Exchange	17,3	10,5458	182,4423	21528,1961
Korea Exchange	20,66	10,5458	217,8762	25709,3949
OMF CommTrade	15,58	10,5458	164,3035	19387,8206
Ontario Ministry of the Environment and Climate Change RGGI, Inc.	14,6	10,5458	153,9686	18168,3042
Schweizer Emissionshan delsregistre	8,25	10,5458	87,0028	10266,3363

Tabla 8. Estimación de los créditos de carbono en el mercado regulado

La Tabla 8 detalla los valores totales que se pueden conseguir en los distintos mercados de carbono de cumplimiento gracias a la captura de CO₂. Se puede apreciar que el mejor escenario sería Korea Exchange, en donde se percibirían beneficios adicionales anuales de US\$ 21.528,20 aproximadamente. Así mismo, la proyección menos alentadora es con Tanjiaoyi News Service, con quien se estaría ganando aproximadamente US\$ 9333,03.

CONCLUSIONES

La Asociación 'El Deseo' presentó una acumulación de biomasa aérea equivalente a 85,63 ton/ha aproximadamente. Por lo tanto, las 118 hectáreas que conforman el terreno poseen una biomasa aérea total de aproximadamente 10104,49 toneladas.

El área estudiada presentó una biomasa muerta de 17,9 ton/ha aproximadamente, lo que equivale a 2112,2 toneladas de biomasa muerta entre todo el terreno de estudio.

La biomasa total presentada en Asociación 'El Deseo' es 103,53 ton/ha, dando un total de 12216,69 toneladas aproximadamente, por todo el terreno.

La reserva de carbono almacenado en la biomasa es de 51,77 ton C/año.

El flujo de carbono de Asociación 'El Deseo' fue 2,87 ton C/ha/año. Por lo tanto, las 118 hectáreas 339,35 toneladas de carbono al año.

La propuesta de negociación con el mercado voluntario de carbono (Carbonfund) cumple, a simple vista, con las perspectivas de viabilidad, generando un ingreso anual aproximado de US\$ 105,46 dólares americanos, por ton CO₂/ha/año, valor que, multiplicado por el total de hectáreas, sería US\$12444,28 aproximadamente.

Dentro del mercado de cumplimiento, la mejor alternativa sería Korea Exchange, de la cual podría obtenerse ingresos de hasta US\$ 25708,66 aproximadamente. Por otra parte, el escenario menos favorable sería con Tanjiaoyi News Service, de donde se obtendrían ingresos de US\$ 9332,62 aprox.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabudivo, K. (s.f.). Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles urbanos de la Av. Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto - Perú, 2016. Tesis. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos.

Hernández, D., & Vargas, A. M. (s.f.). Aproximación a la valoración económica de la absorción de CO₂ y producción de O₂ en la Reserva Forestal protectora de los Ríos Blanco y Negro. Trabajo de grado. Universidad de La Salle, Bogotá.

Morales, M. P., & Vásquez, M. P. (s.f.). Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora* en el Bosque Protector Aguarongo. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Quiceno, N., Tangarife, G., & Álvarez, R. (s.f.). ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE BIOMASA, FIJACIÓN DE CARBONO Y SERVICIOS AMBIENTALES, EN UN ÁREA DE BOSQUE PRIMARIO EN EL RESGUARDO INDÍGENA PIAPOCO CHIGÜIRO-CHÁTARE DE BARRANCOMINAS, DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA (COLOMBIA). Revista Luna Azul. Universidad de Caldas, Manizales.

Ramírez, C., Panduro, G., & Miranda, E. (2014). Captura de carbono en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* en el campus de la Universidad Nacional de Ucayali -Pucallpa-Perú. Rev. Tzhoecoen, 165-180.

Sosa, J. (s.f.). Valoración económica del secuestro de CO₂ en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014. Tesis. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos.

Restricción de emisiones de gases de escape de motores diésel enfocado al transporte público

Restriction of exhaust gas emissions from diesel engines focused on public transportation

José Manuel Benitez Quintero¹

manuel.bq@purisima.tecnm.mx.com

Fernando Mendoza Vázquez²

fernando.mv@purisima.tecnm.mx.com

Lucero de Monserrat Ortiz Aguilar³

lucero.aa@purisima.tecnm.mx.com

José de Jesús Colín Robles⁴

jose.cr@purisima.tecnm.mx.com

RESUMEN

En el siguiente artículo se enfoca una forma diferente para mejorar el aprovechamiento de energía en gases de escape de un motor diésel turboalimentado que es parte importante del sistema híbrido propulsor. La restricción de consumo de combustible influye de manera directa en la restricción de las emisiones de gases de escape, lo cual se traduce en menos contaminación. El valor agregado es la recuperación de energía que se encuentra aún disponible en el colector de escape en forma de energía cinética y convertirlo en energía eléctrica. Lo anterior se realiza con un enfoque orientado a un vehículo de transporte masivo (metrobus). La necesidad radica en impulsar el uso del transporte público eficiente. Por lo que, si existe una reducción de automotores particulares, entonces se traduce en una mejor movilidad reduciendo los tiempos de traslado y, en consecuencia, una reducción de emisiones de escape al medio ambiente.

Palabras clave: Energía, motor, recuperación, reducción, emisiones.

¹ Doctor en Ingeniería, ITS Purísima del Rincón, México

² Maestro en Ciencias, ITS Purísima del Rincón, México

³ Doctora en Ciencias, ITS Purísima del Rincón, México

⁴ Doctor en Ciencias, ITS Purísima del Rincón, México

ABSTRACT

The following article focuses on a different way to improve the use of energy in the exhaust gases of a turbocharged diesel engine, which is an important part of the hybrid propulsion system. Restricting fuel consumption directly influences the restriction of exhaust gas emissions, which translates into less pollution. The benefit is the recovery of energy that is still available in the exhaust manifold in the form of kinetic energy and converting it into electrical energy. The above is done with an approach oriented to a mass transportation vehicle (metro-bus). The need lies in promoting the use of efficient public transportation. Therefore, if there is a reduction in private cars, then it translates into better mobility, reducing travel times and, consequently, a reduction in exhaust emissions into the environment.

Keywords: energy, engine, recuperation, reduction, emissions.

INTRODUCCIÓN

Desde la inclusión de la sobrealimentación producida por el uso de turboalimentadores en los motores diésel de combustión interna (MCI), se incrementó la eficiencia de dichos motores de manera notable, volviéndolos útiles para utilizarlos tanto en vehículos grandes como compactos. (Mollenhauer y Tschoke, 2010); actualmente han mejorado los sistemas de sobrealimentación e inyección, lo que ha agregado dificultades para controlarlos (Heywood, 1988).

En Guzella y Amstutz (1998) se utilizan controladores basados en modelos de motores diésel turbo cargados. Obtiene par y velocidad el controlador como priorizar emisiones contaminantes y el consumo de combustible.

En Jankovic (2000) es propuesta una función de Lyapunov y posteriormente se linealiza entrada-salida para diseñar el controlador de velocidad angular del motor diésel. Además, en Nieuwstadt (2000) es propuesto un controlador PI's descentralizados y estimación paramétrica de los estados. En Ambuhl (2010) se obtienen puntos de equilibrio del turboalimentador, linealizando el modelo y con este par de propuestas es diseñado el controlador.

Otros modelos y algoritmos de control para el motor diésel se describen en (Rizzoni, 1993; Grunbacher, 2003; Hongrong, 2010; Sinha, 2018; Tran, 2019). En Outbib et al. (2002, 2006) son utilizadas propiedades para hacer el diseño no lineal de la velocidad. Y se acopló parte del modelo a un vehículo híbrido donde se diseñaron estrategias de administración de energía en los trabajos (Becerra et al., 2010, 2011, 2013, 2016). Además, en Guzmán et al (2014) se diseñan controladores para incertidumbres en el modelo del motor.

Por otro lado, en Astolfi (2008) se enfoca en el desarrollo de controladores robustos para sistemas no lineales con incertidumbres paramétricas. En Ayadi, Mounir (2004) se presenta un diseño de control no lineal utilizando linealización por retroalimentación en un motor diésel turbocargado, utilizando valores deseados como referencias.

En Haoping (2014) presenta dinámica y modelado estabilizado por retroalimentación para un motor diésel equipado con un turbocargador de geometría variable (VGT) y una válvula de recirculación de gases (EGR). En Marcelin (2009) Se utiliza un modelo de tercer orden de una reducción de un modelo de octavo orden para facilitar la simplicidad.

Nieuwstadt (2000) muestra que un turbocargador de geometría variable es empleado en motores diésel (VGT's). Estos (VGT's) también ayudan para controlar la gestión de emisiones. En Plianos (2007) se aborda el control basado en modelos de la trayectoria del aire de los motores diésel en términos de un problema de control óptimo con restricciones de entrada que se pueden resolver utilizando algoritmos predictivos de modelos. En Rodríguez (2006) por medio del algoritmo de extensión dinámica, implica la existencia de leyes de control estáticas, posiblemente variables en el tiempo, que producen un seguimiento asintótico de la salida con una velocidad de convergencia arbitraria.

En Song (2003) hace una comparación con el sistema de turbocompresor convencional, el sistema asistido regenerativo proporciona grados de libertad adicionales para el control de velocidad del turbocompresor. Por lo tanto, mejora significativamente la capacidad de control de la recirculación de gases de escape (EGR) y la presión de sobrealimentación.

En Upadhyay (2002) muestras que las estrictas regulaciones ambientales actuales, junto con los avances tecnológicos en materiales, inyección de combustible de alta presión y complejos sistemas de carga turbo han reavivado el interés en el área de motores diésel para aplicaciones de vehículos de pasajeros.

En Wahlström (2010) los principales objetivos de control son cumplir con los niveles de emisión legislados, reducir el consumo de combustible y lograr un funcionamiento seguro del turbocompresor. Estos objetivos se logran mediante la regulación de la relación oxígeno/combustible normalizada, y la fracción EGR del colector de admisión.

En Kelouwani (2012) este artículo investiga el diseño de un sistema de administración de energía de dos capas para un vehículo eléctrico híbrido (VEH) de celda de combustible. La primera capa (capa superior) se ocupa del consumo de energía del vehículo, mientras que la segunda capa (capa inferior) se ocupa de la distribución de energía entre la pila de combustible y la batería. Kermani (2011) gestiona la energía en tiempo real del vehículo eléctrico híbrido (VEH), donde es un punto clave para realizar una optimización efectiva de la economía de combustible. Se han desarrollado métodos fuera de línea para la optimización de la gestión de la energía cuando se conoce el ciclo de conducción. Los métodos en línea en tiempo real pueden proporcionar buenos resultados, pero solo pueden garantizar una gestión subóptima.

En Peng (2009) principio mínimo de Pontryagin (PMP) se sugiere como una estrategia viable en tiempo real. En este resumen, la optimización global del principio bajo supuestos razonables se describe desde un punto de vista matemático. Se muestra que el control óptimo instantáneo con un parámetro equivalente apropiado para el uso de la batería es posiblemente una solución óptima global. En Kim (2009) muestra que la economía de combustible de los vehículos eléctricos híbridos paralelos se ve afectada tanto por la relación de división del par como por la velocidad del vehículo. Para programar de manera óptima ambas variables, la información sobre el tráfico circundante es necesaria, pero puede estar disponible a través de la telemetría.

Por otro lado, En Mendoza (2012) se realiza una propuesta de control que utiliza el principio de realimentación estática, que linealiza de manera exacta al sistema motor- turboalimentador que evita la realimentación dinámica de los estados. En Mendoza (2013) expone un análisis de control para un turbocargador de álabes variables, donde se desarrolló un nuevo modelo dinámico del sistema. Se considera la dinámica del múltiple de escape. Este modelo se linealiza en varios puntos de equilibrio y es construido un controlador entrada-estado extendido que lleva al sistema de velocidades, presiones y potencias deseadas.

En este trabajo se utiliza la configuración descrita en Mendoza (2013), Mendoza-Soto et al., (2013 y 2019) donde para el sistema turbocompresor del motor diésel, asumiendo que este forma parte de un tren de propulsión híbrido, y que permite mejorar el aprovechamiento de la energía contenida en los gases de escape y con ello conseguir un aumento de la eficiencia general del MCI. El modelo de la configuración requiere separar las dinámicas del compresor y la turbina. El modelado de la velocidad angular en el cigüeñal y la presión en el múltiple de admisión son modeladas según, la dinámica del múltiple de escape se basa en, mientras que para la turbina y compresor se siguen los modelos presentados en. Para la elaboración del controlador se elige uno de linealización entrada-estado extendido, para el cual los puntos de equilibrio se obtienen a partir de ciclos de velocidad.

Además, para la turbina y compresor se siguen los modelos presentados en Rong (2014). La elaboración del controlador se elige uno de linealización entrada-estado extendido, para el cual los puntos de operación obtenidos a partir de ciclos de velocidad. En Benitez (2021) se presenta un nuevo sistema con ciclos de manejo de la Ciudad de México.

MODELADO DEL SISTEMA

MODELO COMPLETO

Se tiene un modelo completo del sistema de quinto orden con el que se intenta hacer este ahorro y recuperación de energía se propone como el sistema de ecuaciones (1)

$$\begin{aligned}\dot{\omega} &= \frac{f_1 u_1}{\omega} + f_2 \eta_v^2 \frac{p_a^2}{u_1} + f_3 \eta_v p_a - f_4 \\ \dot{p}_a &= f_5 (u_2 + u_3 - f_6 \eta_v \omega p_a) \\ \dot{p}_e &= f_7 (u_2 + u_4 - u_1 - f_8 \eta_v \omega p_e) \\ \dot{P}_{ad} &= \frac{E_c u_3 - P_{ad}}{\tau_a} \\ \dot{P}_{es} &= \frac{E_t u_4 - P_{es}}{\tau_e}\end{aligned}$$

Donde las f_i son parámetros conocidos del modelo, las u_i son las entradas de control, ω es la velocidad angular del motor, p_a es la presión en el múltiple de admisión, p_e es la presión en el múltiple de escape, η_v es la eficiencia del motor, P_{ad} es la potencia de admisión, P_{es} es la potencia en el escape, τ_a y τ_e son los retrasos que existen en el compresor y la turbina respectivamente.

Se retoma la idea de trabajos posteriores de desacoplar el compresor de la turbina y manejarlos como sistemas independientes con la finalidad de mostrar que se puede obtener una mayor recuperación de energía que aún está disponible en los gases de escape. El problema de diseño mecánico queda fuera de los alcances de este trabajo, por lo que para efectos de análisis es suficiente suponer que el compresor está acoplado a un motor eléctrico que le proporciona la energía suficiente para la compresión del aire en la admisión y que la turbina se encuentra acoplada a un generador eléctrico que recupera la energía cinética de los gases en forma eléctrica y es almacenada en el banco de baterías.

Puntos de equilibrio

Igualando las ecuaciones del sistema a cero se obtiene:

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{f_1 u_1}{\omega} + f_2 \eta_v \frac{p_a^2}{u_1} + f_3 \eta_v p_a - f_4 \\ 0 &= f_5 (u_2 + u_3 - f_6 \eta_v \omega p_a) \\ 0 &= f_7 (u_2 + u_4 - u_1 - f_8 \eta_v \omega p_e) \\ 0 &= \frac{E_c u_3 - P_{ad}}{\tau_a} \\ 0 &= \frac{E_t u_4 - P_{es}}{\tau_e} \end{aligned}$$

Un sistema algebraico de cinco ecuaciones y diez incógnitas se obtiene si, los controles u_i y el par de carga son considerados de manera desconocida.

Una solución factible de la variable correspondiente para el conjunto (2). Para resolverlo se propone fijar 4 variables que son ω , p_a , p_e y F_{egr} , esta última correspondiente a la fracción de gases de escape que se recircula al múltiple de admisión. El flujo de aire deseado en el compresor u_3 se obtiene a partir de la relación aire combustible deseada.

Controlador del motor diésel turboalimentado

Es necesario diseñar un controlador que asegure la convergencia hacia las trayectorias propuestas calculadas en el aparato de puntos de equilibrio. Para lograr tal propósito se lleva a cabo un proceso similar expuesto en donde se propone diseñar un controlador por linealización por retroalimentación de estados entrada salida para un sistema dinámico de quinto orden. Las salidas que son propuestas para la construcción del controlador son (3)

$$\begin{aligned} y_1 &= \omega \\ y_2 &= \frac{p_e}{h_7} - \frac{p_a}{h_5} \\ y_3 &= P_{ad} \\ y_4 &= P_{es} \end{aligned} \quad (3)$$

Reescribiendo las ecuaciones en términos de error

$$\begin{aligned} \tilde{y}_1 &= y_1 - \bar{y}_1 \\ \tilde{y}_2 &= y_2 - \bar{y}_2 \\ \tilde{y}_3 &= y_3 - \bar{y}_3 \\ \tilde{y}_4 &= y_4 - \bar{y}_4 \end{aligned} \quad (4)$$

donde \bar{y}_i son salidas que se obtienen sustituyendo los puntos de equilibrio encontrados en la sección previa.

Simulaciones

Para hacer el controlador se utilizó la fracción de recirculación de gas de 10%, la relación aire-combustible es de 40 y se utilizó un tiempo de muestreo de simulación de 0.1. El controlador propuesto para el nuevo ICE muestra buenos resultados que se pueden observar en las siguientes figuras.

La figura 1 muestra el seguimiento de una referencia de velocidad constante por partes [rad/s], el error manifestado permanece cercano a 1% antes de cambios drásticos de velocidad, donde la velocidad angular inicial es mayor que 50 [rad/s]. Cerca del régimen de ralenti, para el que es válido el modelo, cuando entra el motor eléctrico para cubrir la demanda de potencia del vehículo híbrido eléctrico (VHE). El comportamiento de los otros estados involucrados en este modelo se muestra como las presiones en los múltiplos de admisión y escape, figuras 2 y 3. La figura 4 donde se muestra el consumo de combustible. En la figura 5 se muestra el exceso de potencia entre los dos múltiplos, en la figura 6 muestra la recuperación de energía y en la 7 muestra la energía total recuperada en porcentaje respecto a la energía del combustible. Se llevan estados a referencias previamente construidas luego de lo cual se procesó previamente en la sección 3.

Se pueden observar que cambios repentinos en la velocidad de referencia provocan transitorios en las señales de presión y potencia, los cuales son amortiguados rápidamente por el controlador diseñado. El primer grupo de simulaciones se realizó con un perfil de velocidad escalonada como primera prueba de la confiabilidad del control.

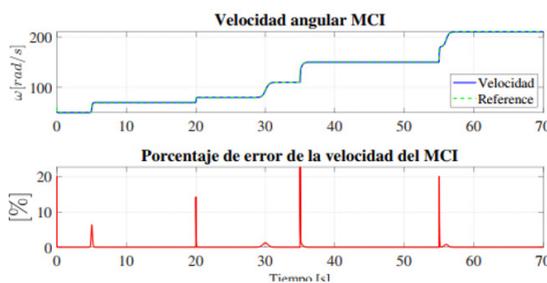


Figura 1

Fuente: elaboración propia (2023)

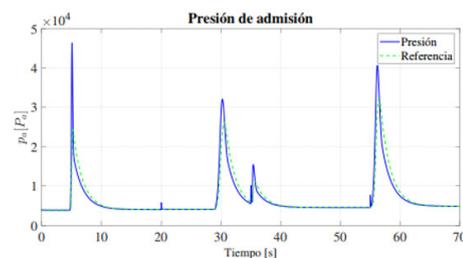


Figura 2

Fuente: elaboración propia (2023)

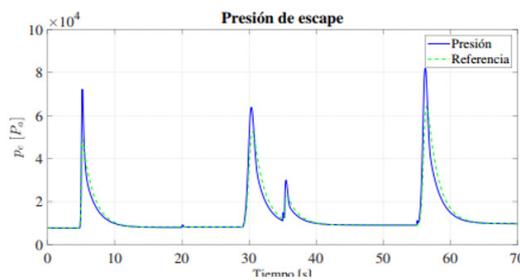


Figura 3

Fuente: elaboración propia (2023)

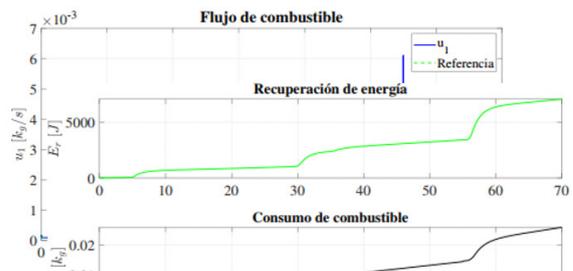


Figura 4

Fuente: elaboración propia (2023)

Figura 5
Fuente: elaboración propia (2023)

Figura 6
Fuente: elaboración propia (2023)

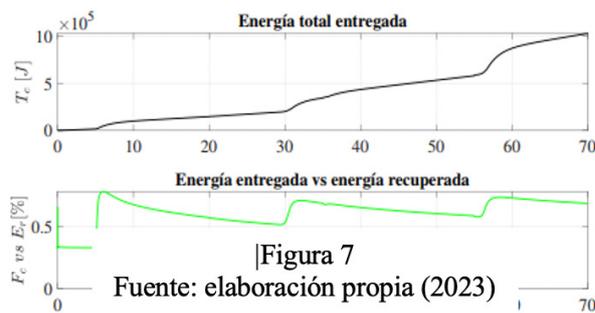


Figura 7

Fuente: elaboración propia (2023)

Conclusiones

En este trabajo se describe la propuesta del modelo matemático de quinto orden para un motor diésel turbocargado que incorpora una máquina eléctrica directamente acoplada al eje del turbocargador. El incremento del modelo permite desacoplar el compresor y la turbina, para incrementar el aprovechamiento de energía en los gases de escape, que en el sistema convencional normalmente se utilizan para hacer girar un compresor mediante una turbina, pero después de cierta velocidad se liberan los gases para evitar daños y a su vez la energía se desperdicia.

Aunque el sistema de recuperación de energía de los gases de escape, como ya se ha indicado anteriormente, está enfocado a un tren de propulsión híbrido, en este trabajo no se realiza ningún tipo de ensayo de distribución de energía entre el ICE y la máquina eléctrica. El controlador 1 es válido solo si $\dot{\omega} > 0$ y $\omega > 0$. El controlador utilizado para la retroalimentación estática ofrece un buen seguimiento de los estados, algunos de los picos observados en las simulaciones se deben a cambios repentinos en la referencia de velocidad angular del motor. Estos picos se pueden resolver con el uso de controles saturados y con el uso de referencias más suaves, que son comunes en ciclos de conducción.

En la prueba de simulación de los conductores, se utilizó un ciclo de manejo que explora las velocidades de operación típicas de un motor diésel, logrando un buen monitoreo de la velocidad del motor, la fracción de gases de escape recirculados y la relación aire-combustible incluso en presencia de cambios repentinos en el par de carga aplicado. Aunque el sistema de recuperación de energía de los gases de escape, como ya se mencionó anteriormente, se centra en un sistema de propulsión híbrido, este artículo no realiza ningún tipo de prueba de distribución de energía entre el MCI y la máquina eléctrica. Este tipo de estrategias ya han sido abordadas en trabajos previos por el grupo de investigación.

Referencias bibliográficas

Ambuhl, D., Sundstrom, O., Sciarreta, A., and Guzzella, L. (2010). Explicit optimal control policy and its practical application for hybrid electric powertrain. *Control Engineering Practice*, 18, 1429-1939.

Astolfi, Alessandro, Dimitrios Karagiannis y Romeo Ortega (2008). *Nonlinear and Adaptive Control with Applications*. Springer-Verlag, London.

Ayadi, Mounir, Langlois, Nicolas y Chafouk Houcine (2004). Polynomial control of nonlinear turbocharged diesel engine model. En: *Proceedings of the IEEE Conference on Industrial Technology (ICIT)*. Hammamet, Tunisia. pp. 1384-1389.

Becerra G., y Alvarez-Icaza L. (2010). Modelado y control del acoplamiento de fuentes de potencia en vehículos híbridos. *Proceeding of the reunión de otoño de potencia*, p. 428.

Becerra G., y Alvarez-Icaza L. (2011). Control del flujo de potencia en vehículos híbridos. *Congreso Nacional de Control Automático*, p. 303-308.

Becerra, G., Pantoja-Vazquez, A., Alvarez-Icaza L. y Flores I. (2013). Simulation and optimal control of hybrid electric vehicles. *Proceeding of the 25th European Modeling & Simulation Symposium*. Athens, Greece. pp. 530-537. September 25-27.

Becerra, G., Álvarez-Icaza, L., y Pantoja-Vázquez, A. (2016). Power flow control strategies in parallel hybrid electric vehicles. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. No. 14, Vol. 230, pp. 1925-1941. doi: 10.1177/0954407015625544

Benitez, J.M. (2021). *Regeneración de energía en gases de escape en un motor diésel*. Ph.D. thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

Guzzella, L. and Amstutz, A. (1998). Control of diesel engines. *IEEE Control System Magazine*, 18, 53-71. Heywood,

J. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill.

Guzmán, E., Becerra, G., Álvarez-Icaza, L., y Moreno, J., (2014). Controladores para motores diésel con incertidumbres paramétricas. *Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático*. pp. 965-970.

Grunbacher, E., Langthaler, P., Steinmaurer, G. y del Re, L., 2003. Adaptive Inverse Torque Control of a Diesel Engine Using Adaptive Mapping Update [C]//SAE Papers 2003-01-0397

Haoping, Wang, Tian Yang, Bosche Jerome y El Hajjaji Ahmed (2014). Modeling and dynamical feedback control of a vehicle diesel engine speed and air path. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* 136, 1-7.

Hongrong, W., Yongfu, W., Zhi, L., 2010. Model based torque control and estimation for common rail diesel engine. In: *2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing*. Vol. 1. pp. 704-707. DOI: 10.1109/ICOIP.2010.316

Jankovic, M., Mi, J., and Kolmanovsky, I. (2000). Constructive Lyapunov control design for turbocharged diesel engines. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*.

Kelouwani, S., Henao, N., Agbossou, K., Dubé, Y., and Boulon, L. (2012). Two-layer energy management architecture for a fuel cell HEV using road trip information. *IEEE Transactions on*

Vehicular Technology, 65(1):103–113. DOI: 10.1109/TVT.2012.2214411

Kermani, S., Trigui, R., Delprat, S., Jeanneret, B., and Guerra, T. M. (2011). PHIL implementation of energy management optimization for a parallel HEV on a predefined route. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 60(3):782–792.

Kim, N., Cha, S., and Peng, H. (2011). Optimal control of hybrid electric vehicles based on Pontryagin's minimum principle. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 19(5):1279–1287. DOI: 10.1109/TCST.2010.2061232

Kim, T. S., Manzie, C., and Sharma, R. (2009). Model predictive control of velocity and torque split in a parallel hybrid vehicle. In *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, pages 2014–2019, USA.

Kleimaier, D. and Schroder (2004). Hybrid cars, optimization and control. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pages 1084–1089.

Marcelin, Dabo, Langlois Nicolas y Chafouk Houcine (2009). Dynamic feedback linearization applied to asymptotic tracking: generalization about the turbocharged diesel engine outputs choice. En: *American Control Conference*. St. Louis, MO, USA. pp. 3458–3463.

Mendoza-Soto, J. L. y L. Alvarez-Icaza (2012). Generalized predictive control of a turbocharged diesel engine. En: *American Control Conference*. Montréal, Canada. pp. 5725–5730.

Mendoza, J.L. (2013). Control de un sistema híbrido Diesel-Eléctrico. Ph.D. thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

Mendoza-Soto, J. L., y Alvarez-Icaza, L., (2013). Passivity based control of a turbocharger-diesel engine system with exhaust gas recirculation. In: *2013 10th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE)*. pp. 104–109. DOI: 10.1109/ICEEE.2013.6676071

Mendoza-Soto, J., Alvarez-Icaza, L., y Rodriguez Cortes, H. (2019). Control no lineal de velocidad y aire alimentado en un motor diesel con turbocompresor y recirculación de gases de escape. *Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica* 16, 403–414. DOI: <https://doi.org/10.4995/riai.2019.10563>

Mollenhauer, K. and Tschoke, H. (2010). *Handbook of diesel engine*. Springer.

Nieuwstadt, M., Kolmanovsky, I., Stefanopoulou, and Jankovic, M. (2000). Egr-vgt control schemes: experimental comparison for a high-speed diesel engine. *IEEE Control Systems Magazine*, 63–79.

Ortner, Peter y Luigi del Re (2007). Predictive control of a diesel engine air path. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 15(3), 449–456.

Ou, S., Yu, Y., y Yang, J., 2022. Study on the closed-loop combustion control for a diesel engine by using a dynamic- target online prediction model. *Control Engineering Practice* 125, 105226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105226>

Outbib, R., Dovifaaz, X., Rachid, A., y Ouladsine, M. (2002). Speed control of a diesel engine: a nonlinear approach. In *American Control Conference*, 3293–3294. Anchorage, Alaska, USA.

Outbib, R., Dovifaaz, X., Richid, A., and Ouladsine, M. (2006). A theoretical control strategy for a diesel engine.

Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 128, 453–457.

Plianos, Alexandros, Ali Achir, Richard Stobart, N. Langlois y H Chafouk (2007). Dynamic feedback linearization based control synthesis of the turbocharged diesel engine. En: Proceedings of the 2007 American Control Conference. New York, USA. pp. 4407 - 4412.

Rizzoni, G., y Connolly, F. 1993. Estimate of IC Engine Torque from Measurement of Crankshaft Angular Position [CI//SAE Paper 932410.

Rodriguez, H., A. Astolfi y R. Ortega (2006). On the construction of static stabilizers and static output trackers for dynamically linearizable systems, related results and applications. International Journal of Control 79, 1523 - 1537.

Rong, K. (2014). Modeling of turbocharged spark ignited engine and model predictive control of a turbocharger. Ph.D. thesis, University of Florida.

Sinha, R.R., y Balaj, R., 2018. A mathematical model of marine diesel engine speed control system", Journal of the Institution of Engineers (India): Series C, vol. 99, pp. 63-70, 2018, [online] Available: <https://doi.org/10.1007/s40032-017-0420-8>.

Song, Qingwen y Karolos M. Grigoriadis (2003). Diesel engine speed regulation using linear parameter varying control. En IEEE Proceedings of the American Control Conference. Denver, Colorado. pp. 779 -784.

Tran, T., y Haidara, G., 2019. A research on marine diesel engine speed controller by fuzzy logic control theory based on experimental investigation", Journal of Mechanical Engineering Research & Development, vol. 42, no. 2, pp. 18- 26, 2019.

Upadhyay, D., V. I. Utkin y Rizzoni Giorgio (2002). Multivariable control design for intake flow regulation of a diesel engine using sliding mode. En: Proceedings of the 15th Triennial World Congress IFAC. Barcelona, Spain. pp. 1389- 1394.

Wahlström, Johan. Eriksson, Lars y Lars Nielsen (2010). Egr-vgt control and tuning for pumping work minimization and emission control. IEEE Transactions on Control Systems Technology 18, 993-1003. DOI: 10.1109/TCST.2009.2031473

Desarrollo económico y empresarial sustentable: una propuesta para América Latina

Sustainable economic and business development: a proposal for Latin America

*Jaime Eduardo Gonzalez Díaz*⁵

jaimegonzalezd@unisinu.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-9441-5543>

*Marelys Dorina Mulford Hoyos*⁶

mmulford@tecnocomfenalco.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6985-5424>

*Alexander Enrique Gary García*⁷

dirnegocios@unisinucartagena.edu.co

<https://orcid.org/0009-0004-2861-4415>

RESUMEN

El objetivo del trabajo es proponer un modelo de articulación de las acciones de desarrollo desde lo regional hasta lo empresarial de forma sostenible y alineada con los objetivos de desarrollo sostenibles. El trabajo es producto de una investigación documental que revisó diferentes textos sobre el desarrollo sostenible, y sistematizó diferentes modelos de desarrollo agrícola, industrial, y empresarial en una nueva apuesta. Se presenta una propuesta que involucra impulsar un desarrollo agroindustrial mediante métodos sostenibles como la agricultura sostenible o agricultura regenerativa, que permita la acumulación de capital para pasar a una industrialización de baja sofisticación, y luego una de alta sofisticación, en el marco de la economía circular y la responsabilidad social como modelo de gestión, todo esto alineado con los objetivos de desarrollo sostenible.

Palabras clave: Desarrollo Económico, Desarrollo Empresarial, Sustentabilidad, Responsabilidad Social Empresarial, Objetivos de Desarrollo Sostenibles

⁵ Doctor en Ciencias Sociales. Universidad del Sinú Seccional Cartagena. Colombia.

⁶ Doctor en Ciencias Sociales. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena. Colombia.

⁷ Magister en Negocios Internacionales. Universidad del Sinú Seccional Cartagena. Colombia.

ABSTRACT

The objective of the work is to propose a model of articulation of development actions from the regional to the business in a sustainable way and aligned with the sustainable development objectives. The work is the product of documentary research that reviewed different texts on sustainable development, and systematized different models of agricultural, industrial, and business development in a new bet. A proposal is presented that involves promoting agro-industrial development through sustainable methods such as sustainable agriculture or regenerative agriculture, which allows the accumulation of capital to move to a low-sophistication industrialization, and then a highly sophisticated one, within the framework of the circular economy, and social responsibility as a management model, all aligned with the sustainable development goals.

Keywords: Economic Development, Business Development, Sustainability, Corporate Social Responsibility, Sustainable Development Goals.

Introducción

En Latinoamérica las políticas neoliberales implementadas con base en el consenso de Washington, las cuales se apoyaban en el liberalismo económico y la idea de que la mano invisible del mercado era suficiente para regularlo. Estas políticas incluían la combinación de la apertura y la revaluación, lo que, sumado a las condiciones sociales y políticas de la región, causaron desajustes macroeconómicos que afectaron al sector productivo y empeoraron los factores estructurales, como la falta de infraestructuras productivas, tecnología y recursos humanos. Además, la violencia y la corrupción también contribuyeron a la situación. Los resultados de estas políticas han sido peores de lo esperado, ya que no solo no han generado crecimiento en gran parte de la región, sino que en algunos lugares han aumentado la desigualdad y la pobreza (García, 2006; Malaver, 2002; Neef y Hopenhayn, 1993; Stiglitz, 2003).

La teoría de la mano invisible que sostiene que el mercado funciona solo por las reglas mercantiles, es criticada con el argumentando que existen barreras y obstáculos internos e internacionales que acentúan y perpetúan las diferencias de progreso técnico, productividad y desarrollo entre los países. El desarrollo del capitalismo en Latinoamérica tiene uno de sus principales limitantes en las instituciones subyacentes tanto internas como internacionales, que mantienen y refuerzan los mecanismos de concentración del potencial de crecimiento asociado a los aumentos de productividad en el centro y en los estratos privilegiados de estos países.

El crecimiento está basado en procesos de cambio estructural, que amplían y mejoran la capacidad productiva y permiten acortar la brecha productiva y técnica con el centro. Para lograr esto, se requiere la inserción exterior que posibilite el progreso técnico, que permita la transformación productiva, el cual en la economía moderna se realizan mediante dinámicas de acumulación de capital. Pero, para todo esto es importante el acceso al financiamiento y los incentivos para el fomento del desarrollo económico. Lo anterior exige la intervención di-

recta del estado al menos en las etapas iniciales de desarrollo, como sucedió en varios países asiáticos donde el gobierno tuvo una participación muy activa en el proceso de desarrollo económico (Morley, 2000; Stallings y Studart, 2006; De Soto, 2000; Rodrik, 2005; Amsden, 2004; Tofler, 1980).

En el caso de Colombia y puede ser extensivo para la región, ha faltado de una consolidación de la institucionalidad y los acuerdos sociales que permitan ser una verdadera sociedad moderna. El proceso de industrialización del país ha sido incompleto y se le atribuye una protoindustrialización que no ha producido una sociedad industrial como la que se fundamenta en la organización social en la industria. Se destaca la desigualdad en los sectores productivos de América Latina y el Caribe, lo cual exige la integración entre sociedad civil, gobierno, empresarios, academia, y gobierno para generar un modelo de desarrollo propio y acorde con la realidad económica, política y social las particularidades regionales (León, 2002; Carbajal et al, 2009; Gatto y Jos, 1997; Sen, 1998; Katz, 2006; Pérez y Mora, 1995; Wise, 2001).

Metodología

Este texto es producto de una investigación de diseño documental, ya que analiza una gran cantidad de artículos, boletines, y otros reportes de investigación, sobre la temática en cuestión (Peña y Pirela, 2007; Maass, 2005). Igualmente, tiene carácter descriptivo, puesto que presenta la caracterización de un modelo de articulación de las acciones de desarrollo desde lo regional hasta lo empresarial de forma sostenible y alineada con los objetivos de desarrollo sostenibles. Para la recolección de la información se utilizaron fichas de investigación; y el procesamiento se desarrolló mediante el análisis documental y el análisis temático.

Resultados y discusión

Desarrollo económico sustentable

Frente al panorama del desarrollo socioeconómico en Latinoamérica se propone un modelo alternativo. La propuesta plantea que, dado que no se ha completado la transición hacia una economía industrializada y basada en el conocimiento, a pesar de tener sectores agrícolas e industriales emergentes y utilizar productos de la era de la información. Se considera necesario fortalecer y expandir el tejido industrial para generar las condiciones sociales y acumulación de capital necesarias, y no se puede ignorar la era de la información y la globalización. Por lo tanto, se propone un modelo de tres ejes simultáneos que integran lo agrario, lo industrial y las nuevas tecnologías en un cambio estructural moderado.

El primer eje implica una revolución agrícola con reforma agraria, redistribución y titularización de tierras, apoyo técnico y comercialización de productos agrícolas con valor agregado para fortalecer el sector industrial. Esto creará empleo rural y una masa de consumo, lo que junto con la comercialización internacional generará la acumulación de capital necesaria para impulsar el eje industrial.

Una vez consolidado el campo, se enfocarán los esfuerzos en la industrialización de subproductos agrícolas, un sector de servicios que impulse la industria y una industria de baja tecnología, mientras se preparan las condiciones para desarrollar una industria de alta tecnología. Paralelo a esto se deben garantizar créditos de inversión en pequeños emprendimientos que amplíen la base empresarial, de empleo y consumo, generando una mayor acumulación de capital y ayudando a la transición a industrias de alta tecnología. El énfasis también se pondrá en el desarrollo del capital social para lograr el cambio estructural (Díaz, Plaza, y León, 2018).

Ahora, la posibilidad de lograr un desarrollo industrial tardío, permite a los países latinoamericanos aprender de los errores cometidos por los países desarrollados, dentro de estos errores está el crecer y desarrollarse a un ritmo devastador de los recursos naturales. Por ejemplo, la economía China se ha desarrollado rápidamente en los últimos años. Sin embargo, la gran cantidad de emisiones de carbono generadas durante su proceso de desarrollo, provocado amenazas aterradoras. De hecho, sus emisiones totales de carbono ocupan el primer lugar a nivel mundial. Los países latinoamericanos tienen la oportunidad de aplicar los nuevos modelos de desarrollo sostenibles para su etapa agrícola y su posterior proceso de industrialización (Liu, 2019; Jaimes, 2022). Entre estos nuevos modelos de explotación agrícola sostenible están: la agricultura ecológica, la agricultura biodinámica, y la agricultura regenerativa.

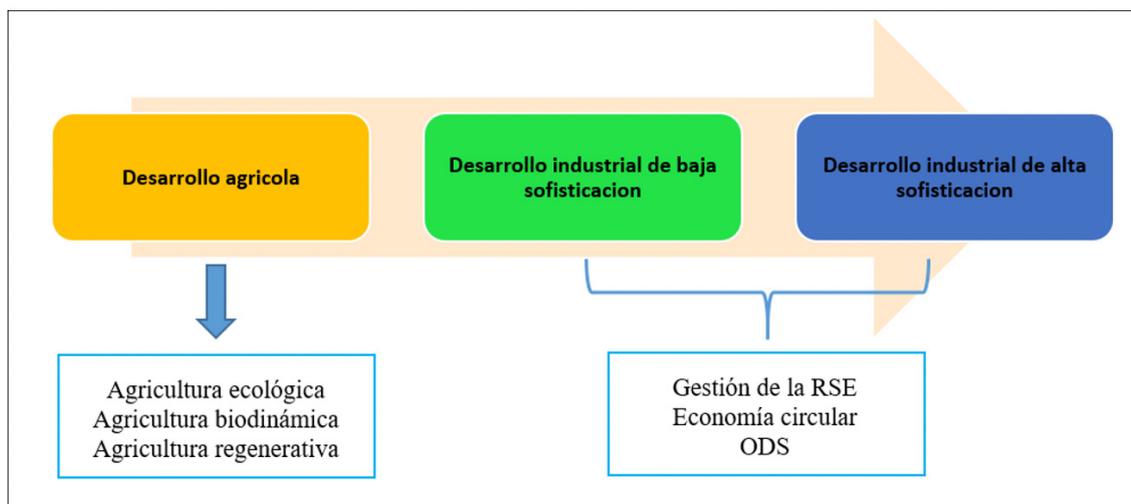


Gráfico x. Desarrollo sostenible. Fuente. Elaborado por los autores

La agricultura ecológica. El modelo agrícola ecológico es ampliamente conocido y utilizado como base para otros modelos de producción sostenible. Este modelo se caracteriza por la utilización exclusiva de prácticas de cultivo que preserven la biodiversidad del suelo, eviten la compactación o erosión y no permitan el uso de fertilizantes ni fitosanitarios de síntesis química, excepto en casos muy excepcionales. Para mantener la fertilidad del suelo, se lleva a cabo la rotación de cultivos y se aporta materia orgánica, mientras que la prevención de enfermedades y malas hierbas se logra utilizando enemigos naturales de las plagas y técnicas de cultivo adecuadas Odiantes y Cruz, 2018; Rosero et al, 2020).

La agricultura biodinámica. es un modelo agrícola que respeta el funcionamiento natural de los ecosistemas productivos y las relaciones energéticas entre vegetales, suelo, nutrientes, microorganismos y animales, así como con el cosmos. Una de las características más distintivas de la agricultura biodinámica es el uso de compuestos propios para favorecer la fertilidad del suelo, preparados a base de ingredientes animales y vegetales, y teniendo en cuenta los aspectos atmosféricos cambiantes en los momentos de siembra, laboreo, tratamientos y recolecta. En contraste con otros modelos agrícolas, la agricultura biodinámica tiene en cuenta los factores astronómicos. Para el contexto europeo, los alimentos obtenidos de la producción biodinámica se identifican por el sello Demeter, que certifica que se han cumplido los reglamentos europeos de la agricultura ecológica y las normas específicas de la biodinámica. El sello es reconocido por 35 países y representan a unos 3.000 productores (Soto, 2001; Leite y Polli, 2020; Edelstein, 2022).

La agricultura regenerativa. busca rehabilitar el suelo y mantenerlo productivo para evitar la expansión a nuevas áreas. Además, se enfoca en la sostenibilidad ambiental y la salud humana. La implementación de esta técnica involucra cinco principios fundamentales que buscan garantizar un ciclo de agricultura regenerativa temporada tras temporada. La agricultura regenerativa no se limita a salvar o restaurar bosques, sino que también tiene impactos positivos como la captación de carbono y la mejora de la biodiversidad. Existen varias técnicas que se utilizan en la agricultura regenerativa, entre ellas la siembra directa, el cultivo de pastos, el cultivo anual orgánico, el abono orgánico o compost y el biocarbón. La combinación y aplicación de estos principios y técnicas depende de las características específicas de cada granja (Prades, 2022; González y Olivas, 2022).

Por otro lado, a nivel de desarrollo regional y local sería interesante revisar los elementos de la economía de la Dónut. La teoría del Dónut es una propuesta de cambio de modelo económico que busca solucionar el gran desafío de erradicar la pobreza global respetando los recursos naturales limitados.

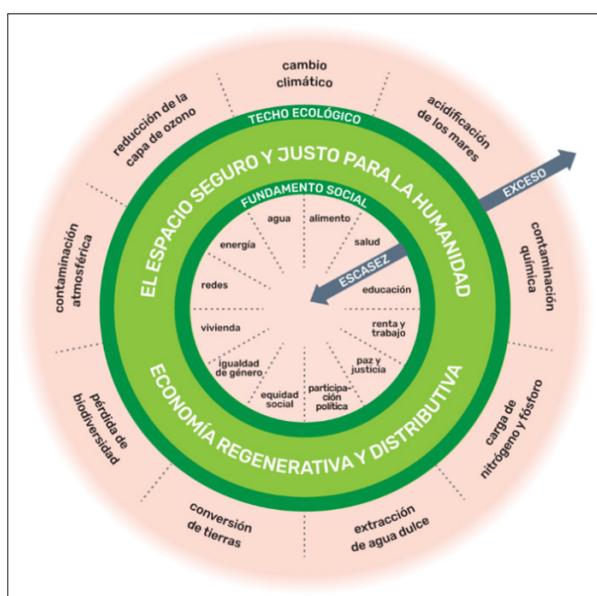


Gráfico x. Economía Donut. Fuente: <https://elfuturoimposible.org/la-economia-del-donut/>

La economía de la Dónut. El modelo se visualiza con dos rosquillas, la base social que recoge los derechos básicos fundamentales y el techo ecológico que no debería sobrepasarse para garantizar la prosperidad de la humanidad, mientras que el espacio intermedio representa el espacio donde la humanidad puede progresar si se respetan los límites del planeta. Este cambio de paradigma propone transformar los sistemas de gobernanza para que sean regenerativos y distributivos en vez de finitos y egoístas.

La economía de la Dónut, identifica nueve umbrales ambientales y los vincula con los objetivos de desarrollo sostenibles. Los nueve umbrales ambientales son: cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la acidificación de los océanos, los cambios en los usos del suelo, extracciones de agua dulce, carga de nitrógeno y fósforo, contaminación química, contaminación de aire y el agotamiento de la capa de ozono. La economía donut aún es un concepto relativamente novedoso y experimental, sin embargo, existen varios casos de territorios que están intentando su implementación para incrementar su resiliencia. Aunque no hay casos de éxito para estudiar, la teoría del Dónut propone una alternativa a la economía basada en el crecimiento ilimitado, generando conciencia sobre la importancia del bienestar social y natural para lograr una verdadera prosperidad económica (Parra y Arango, 2018; Morales, 2022).

Desarrollo empresarial sustentable

Si se aspira llegar a unos procesos de industrialización primero de baja sofisticación, y luego de alta sofisticación, se debe pensar que los procesos de transformación se dan al nivel organizacional, por lo tanto, las compañías deben también adoptar modelos de gestión que le apunten a la sustentabilidad.

Una empresa sustentable busca minimizar su impacto negativo sobre el medio ambiente y cumplir con la triple cuenta de resultados: economía, sociedad y medio ambiente. Estas empresas maximizan sus beneficios económicos mientras minimizan las externalidades negativas.

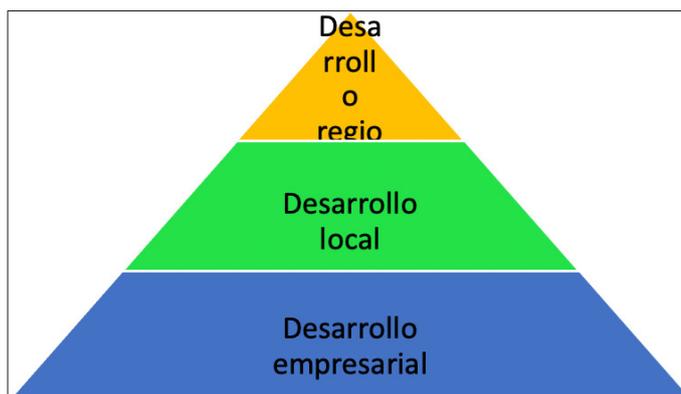


Gráfico x. Pirámide del desarrollo . Fuente. Elaborado por los autores

El desarrollo empresarial comprende el conjunto de acciones para el cambio en una empresa, tiene como fin el crecimiento y la mejora de su desempeño, sea aumentando su presencia en el mercado o su competitividad. Igualmente, es el paso a paso por lo que a través de ello el empresario y su staff consiguen o fortalecen sus habilidades y destrezas, tanto así, que ayude al crecimiento de forma sostenida de la organización. En otras palabras, el crecimiento

solo trae aumento, mientras que el desarrollo trae consigo cambio y mejora (González, 2014). Estas empresas incorporan principios de sustentabilidad en cada decisión, ofrecen bienes y servicios amigables con el medio ambiente, usan métodos de producción ecológicos. Algunos de los modelos de gestión que permiten lograr esto son, la gestión de la responsabilidad social empresarial, y la economía circular (Amato, 2019; Díaz y Díaz, 2020).

Responsabilidad social empresarial. La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) como modelo de gestión tiene un enfoque sistémico e integrador que involucra la estructura de la organización, identificando necesidades, determinando estrategias y evaluando los resultados obtenidos. Esto permite a la empresa incorporar herramientas en su planificación estratégica para responder a las necesidades del entorno y sus grupos de interés, lo que conduce a la excelencia empresarial. La RSE se despliega en múltiples campos de actuación, como la acción social, la acción medioambiental, la conciliación laboral y familiar, la integración laboral de personas con discapacidad, la trazabilidad de productos y la implicación de empleados en acciones de voluntariado corporativo (Fernández, 2018; Moya y Villacrés, 2011).

Economía circular. La economía circular es un modelo de producción que busca limitar el consumo de recursos, optimizar su uso y considerar los residuos como inputs en otros procesos productivos. Busca una gestión de calidad en la planificación, organización, dirección y control de una empresa, con responsabilidad social y ambiental. Promueve hábitos de consumo sostenibles, valora los recursos y extiende la vida útil de los productos, y se considera una alternativa para cuidar el medio ambiente y lograr empresas sostenibles en el tiempo. Ha desarrollado en nuevos modelos comerciales, estrategias de diseño y gestión de productos de desecho, ciclos de recursos y en la extensión de la vida útil de los productos fabricados, incorporando la responsabilidad social empresarial y los procesos tecnológicos para permitir una rentabilidad económica con producción ecoproductiva, disminuyendo el impacto ambiental (Principio del formulario Paucarchuco et al, 2019; Meléndez et al, 2021).

En el actual contexto, este desarrollo al nivel de las empresas debe incluir elementos de desarrollo sustentable; por ejemplo, debe incluir las cinco esferas de importancia crítica para la humanidad y el planeta de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, conocidas como las cinco P por su letra inicial en inglés: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas (Bárcena et al, 2021).

Hoy día para hablar de desarrollo empresarial requiere tener en cuenta el bienestar tanto de las personas como del planeta, lo que implica garantizar que se cumplan los objetivos de desarrollo sostenible, para desde la empresa promover la prosperidad para las personas y el planeta. Estos ODS permean las fronteras regionales e institucionales. Además, se encuentran interconectados entre sí, de modo que progresar en uno de ellos puede influir en el progreso de los demás. En atención a lo anterior, se puede señalar las empresas cumplen un papel vital en asegurar que se cumpla la Agenda 2030, ya que no podrá prosperar si no se involucra el tejido institucional.

Ya en el contexto empresarial, se requerirán los liderazgos apropiados para la implementación de esta agenda a este nivel. Es aquí donde tiene espacio las cinco cualidades del liderazgo: intencionalidad, ambición, consistencia, colaboración y responsabilidad; aplicadas a las estrategias, modelos, productos, cadenas de suministro, alianzas y operaciones empresa-

riales para mejorar y amplificar el impacto de las acciones. Estos líderes al nivel micro deben promover soluciones holísticas y sistémicas que son esenciales para alcanzar un impacto a gran escala, fundamental para el cumplimiento de la Agenda 2030. A continuación, se presentan acciones empresariales específicas alineadas con los ODS:

Erradicación de la pobreza. Las empresas se deben comprometer con la generación de empleos dignos y permanentes, con la aplicación de programas destinados a fortalecer la economía de grupos marginados y se garantizarán condiciones laborales justas tanto para los trabajadores de la empresa como para los de su cadena de suministro, y buscar, diseñar, y ofrecer productos y servicios que satisfagan las necesidades de los grupos más vulnerables, a fin de contribuir a su bienestar y calidad de vida.

Hambre cero. Brindar apoyo a los agricultores para incrementar la producción y ganancias de la agricultura sostenible a nivel local. Se buscará ajustar el proceso de producción, distribución y venta minorista de alimentos con el objetivo de combatir el hambre y la malnutrición en todas las comunidades cercanas a las operaciones de la empresa. Se trabajará en conjunto para eliminar el desperdicio y la pérdida de alimentos.

Salud y bienestar. Asegurar el bienestar de los empleados y las comunidades cercanas a las operaciones de la compañía, tanto propias como de la cadena de suministro, a través de la promoción de mejores resultados en materia de salud. Se llevarán a cabo investigaciones y se desarrollarán productos, servicios y modelos comerciales con el objetivo de mejorar la salud y el bienestar. Se liderarán iniciativas que involucren a múltiples actores y que fomenten prácticas saludables y mejoren el acceso a servicios médicos.

Educación de calidad. Garantizar que tanto los trabajadores de la compañía como los de la cadena de suministro tengan la posibilidad de acceder a una formación profesional y a oportunidades continuas de aprendizaje. Asegurarse de que todos los colaboradores, incluyendo aquellos en la cadena de suministro, reciban un salario que les permita sostener la educación de sus dependientes y que se erradique el trabajo infantil. Poner en marcha programas para apoyar la educación superior y promover la igualdad de oportunidades en la educación primaria y secundaria, de manera gratuita e inclusiva. Investigar, desarrollar y lanzar productos y servicios que contribuyan a mejorar el acceso a la educación y los resultados de aprendizaje.

Igualdad de género. Establecer políticas y medidas que fomenten la libertad y prevengan la discriminación de género tanto en el lugar de trabajo como en la economía y la comunidad. Favorecer la inclusión laboral de las mujeres y abogar por la igualdad de género en todos los niveles de la organización y de la cadena de suministro. Crear productos y servicios y aplicar prácticas empresariales que promuevan el empoderamiento femenino. Promover la igualdad de género a través de la inversión, proyectos comunitarios y la defensa de los derechos de las mujeres.

Agua limpia y saneamiento. Crear y aplicar estrategias integrales de gestión del agua en las cuencas hidrográficas cercanas a las operaciones propias y de la cadena de suministro, que sean justas socialmente, respetuosas con el medio ambiente y beneficiosas desde el punto de vista económico. Proteger y/o recuperar los ecosistemas acuáticos en las operaciones y en la cadena de suministro. Abordar los efectos de las actividades de la compañía y de la cadena de suministro en los suministros de agua locales y ayudar a las partes interesadas a proporcionar agua potable y mejorar las condiciones sanitarias básicas.

Energía asequible y no contaminante. Mejorar de forma importante la eficiencia energética, cubrir las necesidades de energía restantes con fuentes renovables y fomentar la misma iniciativa en toda la cadena de suministro mediante la selección y respaldo de proveedores. Investigar, desarrollar y ofrecer al mercado productos y servicios de energía sostenible y eficiencia energética a precios asequibles. Crear y aplicar modelos de negocio que proporcionen energía sostenible, y llevar tecnologías de eficiencia energética a nuevos mercados y comunidades.

Trabajo decente y crecimiento económico. Respaldo condiciones laborales justas para todos los empleados de la empresa y de la cadena de suministro, a través de colaboraciones para fortalecer la capacidad de los proveedores para hacer lo mismo. Capacitar y educar a la fuerza laboral, concentrándose en los grupos vulnerables y económicamente desfavorecidos. Generar empleos formales y adecuados en sectores con alta demanda de mano de obra, especialmente en países en desarrollo. Promover el crecimiento económico y la productividad invirtiendo en investigación y desarrollo, mejorando las habilidades y brindando apoyo a empresas en crecimiento, en línea con el desarrollo sostenible.

Industria, innovación e infraestructura. Investigar, crear y lanzar al mercado productos, servicios y modelos de negocio que provean una infraestructura sostenible y resistente. Apoyar la modernización inclusiva y sostenible de las industrias en países en desarrollo donde se ubican las cadenas de suministro globales. Establecer sistemas de innovación para el desarrollo sostenible mediante el acceso a financiamiento, la promoción del espíritu empresarial y la agrupación de recursos financieros e investigativos en una base de conocimiento global. Modernizar y actualizar la infraestructura y los activos de la industria en las operaciones propias y en la cadena de suministro, para que sean sostenibles y resistentes.

Reducción de la desigualdad. Revisar la creación de valor económico para las partes interesadas y establecer políticas y prácticas que promuevan la equidad. Promover la creación y expansión de programas de protección social en el ámbito nacional. Establecer políticas y prácticas que promuevan la igualdad de oportunidades, trato y resultados en todas las operaciones propias y de la cadena de suministro. Desarrollar y poner en práctica productos, servicios y modelos de negocio destinados a abordar específicamente las necesidades de las poblaciones marginadas y desfavorecidas.

Ciudades y comunidades sostenibles. Realizar investigaciones, desarrollar e introducir en el mercado productos y servicios que mejoren el acceso a edificios sostenibles, transporte eficiente, espacios verdes y servicios públicos de alta calidad. Invertir en la protección y preservación del patrimonio natural y cultural. Apoyar el acceso a servicios esenciales en el lugar de trabajo, mercado y comunidad.

Producción y consumo responsables. Elaborar e implementar un modelo de negocio circular y responsable, que permita reducir o eliminar el uso inadecuado de materiales y energía en las operaciones propias y de la cadena de suministro. Promover una cartera de productos y servicios que sean respetuosos con el medio ambiente, utilizando recursos de manera eficiente y generando la menor cantidad posible de residuos. Crear soluciones para monitorear y reportar de manera transparente la sostenibilidad de la producción y el consumo en todas las operaciones, y su impacto en las comunidades locales.

Acción por el Clima. Asegurar que las operaciones de la compañía y de la cadena de suministro, así como las comunidades locales, sean resilientes al cambio climático. Reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con las operaciones propias y de la cadena de suministro, en línea con las recomendaciones científicas sobre el clima. Cambiar a una cartera de productos y servicios que tengan emisiones insignificantes y promuevan la reducción de emisiones. Fomentar una cultura consciente del clima y desarrollar habilidades para la acción climática.

Vida Submarina. Establecer políticas y prácticas para preservar los ecosistemas marinos que están en riesgo por las actividades empresariales. Investigar, desarrollar y lanzar productos, servicios y modelos de negocio que ayuden a restaurar los ecosistemas marinos sin tener efectos negativos en ellos. Invertir en la conservación y la mejora de los ecosistemas marinos y los sistemas de flujo de agua. Crear y aplicar soluciones para valorar más el capital natural, y fomentar su adopción más amplia.

Vida de ecosistemas terrestres. Desarrollar e implementar políticas y prácticas que protejan los ecosistemas naturales afectados por las operaciones de negocios y la cadena de suministro. Investigar, desarrollar y lanzar al mercado productos, servicios y modelos de negocio que permitan separar la actividad económica de la degradación de los ecosistemas naturales. Invertir en programas que fomenten la conciencia y la protección de los ecosistemas naturales, y trabajar en su desarrollo sostenible. Diseñar e implementar soluciones para valorar más el capital natural y para promover su adopción a gran escala.

Paz, justicia e instituciones sólidas. Detectar y combatir la corrupción y la violencia en las operaciones y en la cadena de suministro. Colaborar con el gobierno para mejorar las instituciones y fomentar el cumplimiento del estado de derecho. Asociarse con agencias gubernamentales e internacionales en regiones afectadas por conflictos y situaciones de crisis humanitarias, para contribuir a la construcción de la paz y al desarrollo institucional.

Alianzas para lograr los objetivos. Promover asociaciones con el objetivo de mejorar la recaudación de recursos a nivel nacional a través de prácticas fiscales responsables. Alinear las inversiones del sector privado para apoyar iniciativas de desarrollo sostenible en países en vías de desarrollo. Desarrollar la capacidad reguladora, organizativa y de recursos humanos en los países en vías de desarrollo. Fomentar alianzas que impulsen el desarrollo y el intercambio de tecnología, conocimiento y modelos de negocio innovadores. Liderar coaliciones que aborden los desafíos sistémicos para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Gerencia	Objetivos de desarrollo sostenible
Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en su direccionamiento estratégico: valores, políticas, y estrategias que expresen el compromiso, y permitan alinear el devenir de la organización con los objetivos de desarrollo sostenible.
Talento humano	<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas deben comprometerse a generar empleos dignos y permanentes. • Garantizar condiciones laborales justas para los trabajadores y la cadena de suministro. • Promover mejores resultados en materia de salud para asegurar el bienestar de los empleados. • Favorecer la inclusión laboral de las mujeres y la igualdad de género. Capacitar a la fuerza laboral, especialmente a los grupos vulnerables. Generar empleos formales en sectores con alta demanda de mano de obra.
Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar su proceso de producción, distribución y venta. • Revisar los efectos de sus actividades en los suministros de agua locales. • Mejorar la eficiencia energética, cubriendo las necesidades de energía restantes con fuentes renovables. • Apoyar la modernización sostenible de los procesos industriales. • Implementar un modelo de economía circular y responsable.
Fianzas	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la creación de valor económico para las partes interesadas y establecer políticas y prácticas que promuevan la equidad.
Mercadeo	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa se enfocará en diseñar productos y servicios para mejorar la calidad de vida de los consumidores. • Investigar y desarrollar productos y servicios sostenibles respetuosos con el medio ambiente.

Gerencia	Objetivos de desarrollo sostenible
RSE	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa se compromete a apoyar a los agricultores locales. • La empresa se asegurará de que tanto los trabajadores de la compañía como los de la cadena de suministro tengan acceso a una formación profesional y oportunidades continuas de aprendizaje,
	<ul style="list-style-type: none"> • Se establecerán políticas y medidas para fomentar la libertad y prevenir la discriminación de género tanto en el lugar de trabajo como en la economía y la comunidad. • La empresa aplicará estrategias integrales de gestión del agua y protegerá y/o recuperará los ecosistemas acuáticos en las operaciones y en la cadena de suministro. • También se crearán y aplicarán modelos de negocio que proporcionen energía sostenible y se llevarán tecnologías de eficiencia energética a nuevos mercados y comunidades. • Por último, se promoverá la igualdad de género a través de la inversión, proyectos comunitarios y la defensa de los derechos de las mujeres. • Participación en alianzas público privadas que aborden los desafíos sistémicos para alcanzar los ODS.

Tabla 1. Alineación de la gestión empresarial con los ODS. Fuente. Realizado por los autores

Conclusiones

En conclusión, los modelos de desarrollo hasta ahora aplicados en Latinoamérica han aumentado la desigualdad y la pobreza en la región, y plantea la necesidad de un modelo que permita desarrollar lo agrícola, y permita una transición a lo industrial de la mano de la consolidación de la institucionalidad y los acuerdos sociales. Todo este rezago que puede parecer negativo le da la oportunidad a la región de no cometer los errores de los países desarrollados, sobre todo en la destrucción de ecosistemas para lo cual en la etapa agroindustrial se podrían aplicar modelos como la agricultura ecológica, la agricultura biodinámica, y la agricultura regenerativa, a nivel regional y local se podría implementar el modelo Dónut, y ya en la etapa industrial sería posible la aplicación de la RSE y la economía circular, todos estos modelos alternativos que propenden hacia una productividad y competitividad sustentable.

Igualmente, se debe procurar la alineación de la gestión empresarial con los objetivos de desarrollo sostenibles. Esto exigirá un liderazgo intencional, ambicioso, consistente, colaborativo y responsable; que promuevan soluciones holísticas y sistémicas para alcanzar un impacto en el cumplimiento de la Agenda 2030. Desde la gestión directamente se sugiere que su direccionamiento estratégico este alineado con los ODS. Desde la gestión de talento humano las empresas deben comprometerse a generar empleos dignos, garantizar condiciones laborales justas para los trabajadores y la cadena de suministro, y favorecer la inclusión laboral de las mujeres y la igualdad de género.

La gestión de las operaciones debe apoyar la modernización sostenible de los procesos industriales, implementando un modelo de economía circular y responsable. La gestión financiera debe revisar la creación de valor económico para las partes interesadas y establecer políticas y prácticas que promuevan la equidad.

Desde la gestión de mercadeo, se enfocará en diseñar productos y servicios para mejorar la calidad de vida de los consumidores, sostenibles respetuosos con el medio ambiente. Finalmente, la gestión de la RSE debe permitir la participación y vinculación con las alianzas público privadas que aborden los desafíos sistémicos para alcanzar los ODS.

Referencias bibliográficas

Amato, C. N. (2019). Revisión bibliográfica sobre sustentabilidad y ética organizacional: actores relevantes. *Ciencias administrativas*, (13), 55-67.

Amsden, A. (2004). La sustitución de importaciones en las industrias de alta tecnología: Prebisch renace en Asia. *Revista de la CEPAL* 82. Abril.

Bárcena Ibarra, A., Torres, V., & Muñoz Ávila, L. (2021). El Acuerdo de Escazú sobre democracia ambiental y su relación con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Carbajal, L. Rodríguez, F. Salinas, E. Martínez, T. Rodríguez, F. Gutiérrez, L. Morales, H. (2009). Protoindustrialización, industrialización y desindustrialización en la historia de México.

De Soto, H. (2001). *El misterio del capital*. Editorial Diana. Méjico.

Díaz, E. Plaza, V. León, M. (2018). Crítica a la mano invisible: Una propuesta de desarrollo alternativo para Colombia. *Anfibios*, 1(1), 11-18.

Díaz, R. R. G., & Díaz, K. N. G. (2020). Cultura organizacional y Sustentabilidad empresarial en las Pymes durante crisis periodos de confinamiento social. *CIID Journal*, 1(1), 28-41.

Edelstein, P. (2022). Agricultura biodinámica y energías no convencionales: un sistema armónico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, (1), 41-44.

Fernandez Garcia, R. (2018). *La Responsabilidad social coporativa como modelo de gestión empresarial*. Wolters Kluwer España.

García, J. (2006). Inserción exterior, transformación y desarrollo en la periferia, *Cuadernos de Economía*, v. xxv, n. 44, Bogotá.

Gatto, F. Jos, J. (1997). *Guía metodológica para la preparación de estrategias de desarrollo empresarial y de la pequeña y mediana empresa*. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C.

González, T. R., & Olivas, A. G. (2022). Actividad agrobiológica en respuesta a la aplicación de biofertilizante para una agricultura regenerativa y sustentable: Núm. 3CP22-82. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 2(1), 136-137.

González Díaz, J. (2014). Aproximaciones conceptuales al desarrollo empresarial. *Aglala*, 5(1), 86-106. <https://doi.org/10.22519/22157360.894>

Jaimés Burgos, L. M. (2022). Emisiones de dióxido de carbono relacionadas con las operaciones unitarias de la industria de la construcción. *Revisión de literatura*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías.

Katz, J. (2006). Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de la CEPAL* 89. Agosto.

- León, P. (2002). La industrialización colombiana: una visión heterodoxa. *Innovar: Revista de ciencias administrativas y sociales*, 83-100.
- Leite, A. B., & Polli, H. Q. (2020). Agricultura Orgânica no Brasil com enfoque na Agricultura Biodinâmica. *Revista Interface Tecnológica*, 17(1), 417-430.
- Liu, P. (2019). Investigación sobre la huella ecológica del turismo: El caso de Langzhong en China. *Observatorio Medioambiental*, 22, 245.
- Malaver, F. (2002). Dinámica y transformaciones de la industria colombiana", *Cuadernos de Economía*, v. XXI, n. 36, Bogotá.
- Maass, M. (2005). Laboratorio de investigación y desarrollo en comunicación compleja: una propuesta para pensar la complejidad. *Andamios*, 1(2), 79-96.
- Melendez, J. R., Delgado, J. L., Chero, V., & Rodríguez, J. F. (2021). Economía Circular: Una Revisión desde los Modelos de Negocios y la Responsabilidad Social Empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(6), 560-573.
- Morales Méndez, A. P. (2022). Donas y feminismo para equilibrar la agenda social con la estabilidad económica. *Revista Abra*, 42(64), 1-18.
- Morley, S. A. (2000). Efectos del crecimiento y las reformas económicas sobre la distribución del ingreso en América Latina. *Revista de la CEPAL*.
- Moya, J. R. V., & Villacrés, M. B. J. (2011). La responsabilidad social como modelo de gestión empresarial. *Eídos*, (4), 92-100.
- Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. (1993). Desarrollo a escala humana. Una opción para el futuro, 3.
- Odiantes, A., & Cruz, J. (2018). Agricultura ecológica y de proximidad como herramienta para el desarrollo rural: el ejemplo de San Sebastián. *Ager: Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural*, (24).
- Prades, F. M. C. (2022). Aplicación de los principios de la Agricultura Regenerativa para aumentar los niveles de nutrientes en el suelo y enfrentar una emergencia de seguridad alimentaria y nutricional local en Guanacaste, Costa Rica. *Revista regeneratio*, 1(2), 17-28.
- Parra, J. D., & Arango, A. (2018). La economía del donut: siete formas de pensar como un economista para el siglo XXI. *Investigación y Desarrollo*, 26(2), 159-170.
- Paucarchuco, K. M. M., León, C. R. R., & Espíritu, M. M. B. (2019). La economía circular: modelo de gestión de calidad en el Perú. *Puriq*, 1(02), 120-132.
- Peña Vera, T., & Pirela Morillo, J. (2007). La complejidad del análisis documental. *Información, cultura y sociedad*, (16), 55-81.
- Pérez, J. Mora, M. (1995). De la pobreza a la exclusión social. La persistencia de la miseria en Centroamérica. Avance de investigación. Informe final presentado al Centro de Estudios para América Latina y la Cooperación Internacional de la Fundación Carolina. San José. Agosto.
- Rodrik, D. (2005). Políticas de diversificación económica. *Revista de la CEPAL* 87. Diciembre.
- Rosero Alpala, M. G., Tapie, W. A., & Rosero Alpala, D. A. (2020). Diversidad fenotípica de papas nativas en las comunidades indígenas de la etnia de los Pastos (Nariño, Colombia): Agricultura ecológica para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. *Revista peruana de biología*, 27(4), 509-516.

Sen, A. (1998). *Desarrollo y Libertad*. Editorial Planeta. México.

Soto Muñoz, G. (2001). Certificación de productos orgánicos: La garantía necesaria para incorporarse al mercado internacional. *Comuniica Magazine*, 2001(936-2016-74368), 26-36.

Stallings, B. Studart. R. (2006). *Financiamiento para el desarrollo: América Latina desde una perspectiva comparada*. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile.

Stiglitz. J. (2003). El rumbo de las reformas. Hacia una nueva agenda Para. América Latina. *Revista de la CEPAL* 80. Agosto.

Tofler. A. (1980). *La tercera ola*, Plaza & Janés, Barcelona.

Wise. T. (2001). *Economics of sustentainability: the social dimension. A Survey of Sustainable Development*. Ed. Island Pr

