

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



REVISTA ENCUENTRO **SENNOVA** DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO **2022**



Volumen 8

e-ISSN: 2665-2447

**REVISTA ENCUENTRO SENNOVA DEL
ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2022
VOLUMEN 8**

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)
Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación
(CIAA)

Diciembre 2022
Rionegro (Antioquia), Colombia.
Periodicidad: Anual
e-ISSN: 2665-2447

Contenido producto de investigaciones
SENNOVA – Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación del SENA- y
sus grupos de investigación.

Hecho el depósito que exige la ley.

Este volumen, salvo las excepciones previstas por la
Ley, no puede ser reproducido por
ningún medio sin previa autorización escrita
del autor. Los textos publicados son de
propiedad intelectual de los autores y pueden
utilizarse con propósitos educativos y
académicos, siempre que se cite al
autor y la publicación.

Las opiniones aquí contenidas son de
responsabilidad exclusiva de los autores y no
reflejan necesariamente el pensamiento del Comité
Editorial ni del SENA. Los artículos publicados en
medio impreso y electrónico están autorizados por
los autores mediante cesión de
derechos de autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative
Commons Atribución-NoComercial.
Compartir Igual 4.0 Internacional

© Servicio Nacional de Aprendizaje

EQUIPO ADMINISTRATIVO

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
Director General SENA

Wilfredo Grajales Rosas
Director de Formación Profesional SENA

Elkin Darío Tobón Tamayo
Director Regional - Antioquia SENA

Jorge Antonio Londoño
Subdirector de Centro
Centro de la Innovación,
la Agroindustria y la Aviación (CIAA)

Eliana María Estrada Mesa
Dinamizadora SENNOVA
Gestora Editorial
Centro de la Innovación,
la Agroindustria y la Aviación (CIAA)

COMITÉ EDITORIAL

Catalina María Jaramillo Alzate
Responsable de Gestión Editorial
Centro de la Innovación,
la Agroindustria y la Aviación (CIAA)

Natalia Londoño Osorio
Responsable de Gestión Editorial
Centro de la Innovación,
la Agroindustria y la Aviación (CIAA)

COMITÉ CIENTÍFICO

Edwin Ricardo Garrido Weber
Juan Diego Zuluaga Narvaez
Javier Ricardo Gómez Cardozo
Julian David Morales Muñoz
Gloria Eugenia Sánchez Aguirre
Oscar Augusto Peña Contreras
Lizeth Andrea Villada Arango
Juan Pablo Díaz
Jorge Rocxo Martínez Díaz
Manuel Guillermo Vargas Silva
Diego Angel Moreno Fernández
Manuela Gallón
Leidy Carolina Ayala Sánchez

Contenido

Editorial.	4
Análisis del desarrollo sexual y crecimiento del molusco bivalvo <i>Anadara tuberculosa</i> como información soporte para ensayos de reproducción en Tumaco Nariño	5
Agrobiotecnología: Desafíos actuales y perspectivas de futuro	23
Fortalecimiento de las competencias comunicativas del aprendiz SENA - CEDEAGRO	40



Editorial

La Revista Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño, activa año a año desde el 2015, es una revista de divulgación científica multidisciplinar que se esfuerza por presentar temas de relevancia científica a nivel nacional de parte de instructores y aprendices pertenecientes al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Este año se complace en presentar a sus lectores su octavo volumen, el cual contiene tres artículos de interés: dos del área de Agropecuaria y Agroindustria y uno del área de Gestión y Desarrollo Empresarial, fruto del trabajo investigativo de instructores de diferentes Centros SENA del país. Cumpliendo con la finalidad de difundir los resultados que impactan en los procesos científicos y tecnológicos que se viven al interior de los centros de formación, la Revista Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño se esfuerza siempre en presentar un producto de calidad con miras a la globalización del conocimiento, eje central del proyecto.

Por lo anteriormente mencionado se hace altamente relevante para el centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación CIAA ubicado en el Oriente Antioqueño – Centro de Formación al que pertenece la revista- el proceso de apropiación del conocimiento, debido al alto compromiso que tiene con la Investigación, la Innovación y el Desarrollo Tecnológico a través del cual se ejecuta la política de contribución SENA a la ciencia y tecnología del país. Asimismo, en aras a la mejora de la competitividad de las regiones dentro de los grandes procesos investigativos, el Centro de Formación se esfuerza diariamente por nutrir el apartado complementario que es el área de SENNOVA con su proyecto de divulgación científica, en el cual participaron este año activamente autores y evaluadores para lograr un volumen atractivo y con temas de gran interés a nivel país.

Por consiguiente, es necesario agradecer infinitamente a todas las personas que hicieron parte de este proceso: autores, evaluadores y equipo editorial. Con el esfuerzo de cada uno de ellos se llenaron estas páginas de información valiosa para los diferentes sectores investigativos del país. A nivel nacional se requiere hoy en día de mucha vocación para emprender proyectos que puedan generar progreso. Es momento para revolucionar la forma en que compartimos el conocimiento científico, ir a la par de las nuevas generaciones y fomentar así iniciativas de calidad para avanzar socialmente como comunidad en constante formación y la Revista Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño se encuentra altamente comprometida con este propósito.

Comité Editorial





**Análisis del desarrollo sexual y crecimiento del bivalvo
Anadara tuberculosa como información soporte para
ensayos de reproducción en Tumaco-Nariño**

Carlos Hernan Lucero Rincón, Nasly Quiñones P., Katty J. Valencia,
Cindy N. Mosquera V., Donni Cortes C., William O. Gualteros R.

Referencia: Lucero, C. H., Quiñones, N., Valencia, K., Mosquera, C., Cortes, D., Gualteros, W. (2022). Análisis del desarrollo sexual y crecimiento del bivalvo *Anadara tuberculosa* como información soporte para ensayos de reproducción en Tumaco-Nariño. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, (8), 5-22.

Resumen

Se evaluó el índice de madurez sexual (IMS) y aspectos poblacionales del bivalvo *Anadara tuberculosa*, como información base para realizar ensayos de inducción al desove. En Tumaco-Nariño, se obtuvieron muestras comerciales en mayo, junio y julio de 2022. Los individuos fueron acondicionados en laboratorio, medidos, pesados y disectados para su evaluación. La actividad reproductiva no coincide con lo registrado en la literatura científica, lo cual indica variaciones del comportamiento reproductivo en el tiempo. Se encontró un bajo nivel de madurez sexual y un crecimiento de tipo isométrico. El promedio de tallas registradas muestra que el 60% están siendo capturados con la talla mínima reglamentaria de Colombia (5,0 cm), mientras que el 40% están por debajo de la misma. Se concluye que, para una evaluación del desarrollo sexual del *Anadara tuberculosa*, se deben obtener muestras semanales durante un año de estudio, y no mensuales como ha ocurrido actualmente.

Palabras clave: Piangua, Recurso pesquero, manglares, maduración, Pacífico colombiano.

Introducción

Anadara tuberculosa es un molusco bivalvo habitante de los suelos de manglar, con una distribución en el pacífico americano desde baja California hasta el norte de Perú. En Colombia es conocido como “piangua”, y es el bivalvo más intensamente explotado (Gil-Agudelo et al., 2011), lo cual representa una importancia a nivel económico para las regiones costeras del país. Debido a la sobreexplotación a la que ha sido sometido este recurso, el volumen de captura ha disminuido y se encuentra incluido en el libro rojo de invertebrados marinos de Colombia como una especie vulnerable (Ardila et al., 2002). Al respecto en los últimos 20 años se ha presentado una disminución del recurso que ha sido registrada por otros autores Borda y Cruz (2004b); Cruz y Borda (2003); Lucero et al. (2012). En Tumaco, es la especie de molusco más explotada y actualmente representa una importante fuente de empleo, subsistencia y alimentación debido a que aporta proteína en la dieta tradicional (Lucero et al., 2013). Es una actividad realizada generalmente por mujeres y niños, los cuales se dedican diariamente a la extracción de este recurso en los ecosistemas de manglar durante las mareas bajas.

Estudios en esta especie han mostrado avances en las estrategias de conservación con el fin de generar información para su sostenibilidad (Roldan et al., 2010; Espinosa et al., 2010; Chamorro y Rosero, 2016). También ha sido utilizada como bioindicador de contaminación por metales pesados e hidrocarburos debido al carácter filtrador de esta especie (Lucero, 2019; Zambrano et al., 2012a,



2012b, 2012c). Sin embargo, aspectos sobre la reproducción inducida en el pacífico colombiano han sido poco tratados (García et al., 2018).

Con respecto al estudio de los aspectos reproductivos y pesqueros de esta especie, a partir del 2003 han sido intensificados (Cruz y Borda, 2003; Borda y Cruz, 2004a, 2004b y 2004c; Gil-Agudelo et al., 2011; Cano-Otalvaro et al., 2012; Manjarrez et al., 2012; Lucero et al., 2012, 2013, 2021). En estos estudios se ha logrado identificar los meses de mayor actividad reproductiva de la piangua, factores que lo determinan y aspectos biológicos pesqueros. De acuerdo con estos estudios, el comportamiento reproductivo de esta especie se relaciona con las condiciones del manglar hábitat de esta especie, cambios climáticos, disponibilidad de alimento y condiciones específicas de la intensidad pesquera en cada región (Lucero et al., 2013), es por ello que los cambios en el tiempo de estas condiciones permiten la variación estacional del desarrollo sexual de *Anadara tuberculosa*. Teniendo en cuenta que los ecosistemas de manglar están siendo modificados por acciones antrópicas y algunas naturales como la variación del clima en el planeta, es necesario continuar evaluando la actividad reproductiva de esta especie a fin de actualizar la información de su comportamiento reproductivo en Tumaco y así generar información para un desarrollo tecnológico de la producción de semilla en cautiverio con fines de repoblamiento y manejo comercial de este recurso pesquero.

Debido a lo anterior, la presente investigación busca aportar información relevante sobre los tiempos de maduración sexual de la especie, tallas de madurez sexual, índices de maduración sexual, crecimiento y algunos aspectos biológicos pesqueros, que permitan generar una información soporte para la realización de futuros ensayos de inducción al desove de esta especie. Estos aspectos son de importancia, para la transferencia de conocimientos y de tecnologías con las comunidades extractoras de piangua, a fin de implementar las acciones de manejo sostenible del recurso y garantizar su conservación y desarrollo económico en la región. Al mismo tiempo, y como parte de la ejecución de proyectos de investigación en el Centro Agroindustrial y Pesquero de la Costa Pacífica (SENA-Tumaco, Nariño), se fortaleció las habilidades y competencias de aprendices en el desarrollo de procesos investigativos para el desarrollo de la región y en la estructuración de artículos científicos como resultados del mismo.

Metodología

Obtención y procesamiento de las muestras

Se realizó una investigación tipo cuantitativa-longitudinal para determinar el estado de desarrollo sexual y el tipo de crecimiento que presenta *Anadara tuberculosa* obtenida en los manglares de Tumaco del pacífico colombiano en el periodo evaluado. Para ello se obtuvieron tres (3) muestras comerciales en los meses de mayo, junio y julio de 2022, procedentes del centro de acopio del barrio el Morrito de la ciudad de Tumaco-Nariño (01°48'54,4"N; 078°48'27,5"W) ([Figura 1](#)). Esta información será un aporte para los procesos de transferencia de conocimientos con las comunidades extractoras de piangua y el desarrollo de tecnologías para el cultivo de la especie, a fin de implementar acciones de manejo sostenible del recurso en la región.



Figura 1

Área de estudio en el municipio de Tumaco Nariño.



Nota. La figura muestra la ubicación del Centro de acopio de las pianguas en el barrio Exporcol de Tumaco de donde se obtuvieron las muestras biológicas para el análisis. Imagen tomada de Google Earth (2022, 29 de julio) y modificada para este trabajo.

Para el estudio se necesitó una muestra de 146 individuos de *Anadara tuberculosa*, los cuales estuvieron representados por 58 individuos en mayo, 43 en junio y 45 en julio. Los organismos se mantuvieron en acondicionamiento durante dos días previos a su procesamiento en sistemas de acuarios provistos de aireación continua y agua marina a 25 unidades de salinidad, sin filtración para permitir su alimentación de microalgas del agua.

Para determinar el desarrollo sexual de esta especie a nivel macroscópico y analizar la información, se empleó la metodología utilizada por Lucero et al. (2012; 2013). A cada individuo se le midió la longitud total con un calibrador digital marca Stainless hardened de 0,01mm de precisión, definida entre el borde anterior hasta el borde posterior más externo de la concha (Holden y Raitt, 1975), adicional a estas medidas se determinó el ancho y altura de la concha. En laboratorio se determinó el peso total y peso de la carne sin concha con una balanza marca OHAUS de 0,1 gramos de precisión. Ver [Figura 2](#)

Figura 2

Procesamiento de muestras de Anadara tuberculosa.



Nota. Se muestra la separación de los individuos por tallas y herramientas de medición y pesaje. Elaboración propia, 2022.

Para determinar el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de la especie, se realizó un análisis de asociación entre la longitud y el peso, determinando el coeficiente de correlación de Pearson (r) usando Microsoft Excel 2007. La [Ecuación 1](#) muestra el modelo de la forma:

Ecuación 1

Ecuación de crecimiento exponencial

$$W=aL_t^b$$

Nota. Relación Longitud-Peso (Pauly, 1983).

Donde “**W**” es el peso total (concha y carne) o el peso corporal húmedo libre de concha, “**a**” es la constante de regresión, “**L_t**” es la longitud total de la concha, “**b**” es la constante del modelo que define el tipo de crecimiento (si $b=3$, el crecimiento es isométrico, en este caso se considera que el peso y longitud crecen en la misma proporción, si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico. Esta ecuación se transforma en forma lineal tomando logaritmos a ambos lados de la [Ecuación 2](#).



Ecuación 2

Linealización de la ecuación de crecimiento exponencial

$$\ln(W) = \ln(a) + b * \ln(Lt)$$

Nota. Ecuación linealizada de la relación Longitud-Peso (Pauly, 1983).

Se realizó la prueba estadística t (Pauly, 1983) con un 90% de confianza, para comprobar si el crecimiento es isométrico o alométrico.

Para la observación macroscópica, se separó la carne de la concha y se realizó un corte transversal y longitudinal de la carne para conocer el color, ubicación y distribución de la gónada. Esto permitió estimar por observación directa, el porcentaje ocupado de la gónada dentro de la cavidad visceral para clasificar los estadios en reposo, desarrollo, madurez inicial, madurez y desove (Lucero et al., 2013), y se registró la coloración de la gónada, anaranjada en hembras y crema o blanca en machos. Se guardaron registros fotográficos de las observaciones tal como se muestran en la [Figura 3](#) y [Figura 4](#).

La descripción de los estadios de madurez sexual a nivel macroscópico según Borda y Cruz (2004a); Lucero et al. (2012) y Lucero et al. (2013) son:

Reposo o estado 1: no es posible observar a simple vista la gónada ([Figura 3](#)).

Desarrollo o estado 2: se observa una pequeña glándula acinosa anaranjada si es hembra y blanquecina o crema si es macho, el volumen que representa dentro la cavidad visceral es de aproximadamente menos del 20% ([Figura 3](#)).

Madurez inicial o estado 3: los animales presentan una gónada que ocupa aproximadamente entre el 30% y 50% de la cavidad visceral, anaranjada brillante si es hembra y crema si es macho, en nivel avanzado puede confundirse con la etapa siguiente de madurez ([Figura 3](#)).

Madurez o estado 4: se distingue una glándula que ocupa entre el 50% y 100% de la cavidad visceral, es abundante de consistencia dura y turgente, el color anaranjado brillante para las hembras y crema o blanquecino si es macho ([Figura 4](#)).

Desove o estado 5: a menudo se confunde con el de reposo, debido a que en ocasiones no es posible observar gónadas a nivel macroscópico, se diferencia en que cuando ha ocurrido el desove, los animales se observan flácidos y con coloración pálida y en muchas circunstancias hay presencia de manchas oscuras que son gránulos de secreción y restos de gránulos sanguíneos desoxigenados observando fluidos de apariencia negra ([Figura 4](#)).

Figura 3

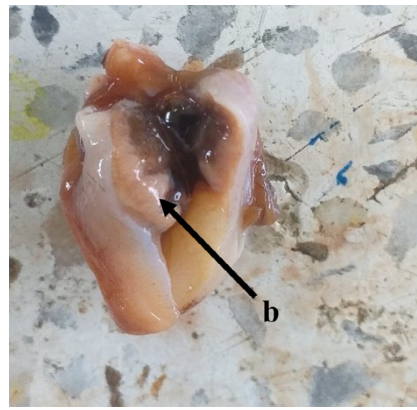
Registro fotográfico de los estados de desarrollo sexual de Anadara tuberculosa.



1. Reposo o indiferenciado, no hay gónada



2. Hembra en desarrollo (observe pequeña gónada anaranjada (a))



2. Macho en desarrollo, gónada color crema (b)



3. Hembra en madurez inicial. Gónada anaranjada (c)

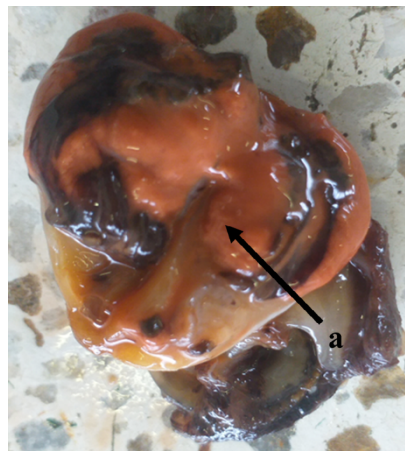


3. Macho en madurez inicial. Gónada crema (d)

Nota. Las flechas muestran la ubicación de la glándula reproductiva. Elaboración propia, 2022.

Figura 4

*Registro fotográfico de los estados de desarrollo sexual e *Anadara tuberculosa*, madurez y desove.*



4. Hembra en madurez. Gónada anaranjada (a)



4. Macho en Madurez. Gónada crema (b)



5. Hembra en desove, se observa la flacidez del cuerpo.
Observar gonada residual anaranjada (c)



Nota. Las flechas muestran la ubicación de la glándula reproductiva. Elaboración propia, 2022.

Se calculó el Índice de Madurez Sexual (IMS) para los meses evaluados, el cual relaciona el número de individuos maduros del nivel 4 con el número total de individuos analizados, también se calculó el índice de condición expresado como rendimiento de carne (R), que se define como la capacidad del animal para producir la máxima cantidad de carne (Cruz, 1984) y es un índice de condición que funciona como medida que refleja la actividad fisiológica del organismo en diferentes condiciones ambientales (Lucero et al., 2013). Este se calcula considerando el peso fresco de la carne en relación con el peso total (Cruz y Palacios, 1983).

Resultados

Se encontró un bajo IMS en los tres meses analizados, a excepción de julio en donde se encontró un IMS del 51,11%, mostrando una mejor actividad reproductiva para este mes, mayo y junio estuvieron por debajo del 7%. Los eventos de desove fueron bajos, pero con mayor incidencia en mayo; en este mes se registró una mayor proporción de individuos en estado de desarrollo o inmaduro ([Tabla 1](#)), lo cual sugiere la recuperación sexual de la población después de un evento de desove fuerte que pudo haber ocurrido en abril. Los resultados muestran que en junio existe un alto porcentaje de individuos en estado de reposo, en el cual no hay gónadas observables, mientras que en julio ya inicia la actividad reproductiva ([Tabla 1](#)). El índice de condición determinado como el “rendimiento de la carne”, no mostró el mismo comportamiento del Índice de Madurez Sexual (IMS), con el menor registro en julio (18,36%), valor intermedio en mayo (19,97%) y mayor en junio (20,15%).

Tabla 1

*Índice de madurez sexual y rendimiento de carne de *Anadara tuberculosa* obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.*

Descripción	Mayo		Junio		Julio	
	Índice (%)	n	Índice (%)	n	Índice (%)	n
Reposo	10,34	6	51,16	22	40,00	18
Desarrollo/inmaduro	50,00	29	18,60	8	0,00	0
Madurez inicial	24,14	14	20,93	9	8,89	4
Madurez (IMS)	8,62	5	6,98	3	51,11	23
Desove	6,90	4	2,33	1	0,00	0

Nota. Se muestran los porcentajes de individuos en cada estado de desarrollo sexual. Elaboración propia, 2022.

Análisis de tallas

Los resultados registraron un rango de tallas entre 3,80 cm hasta 7,5 cm, con un promedio general de 5,36 cm $\pm$ 0,89 cm (n = 146 individuos). Los descriptores variaron en el periodo de estudio con los mayores valores medios en junio de 2022, [Tabla 2](#).

Tabla 2

Descriptores de las medidas de la concha de Anadara tuberculosa obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.

Fecha	Descriptor	Longitud total (cm)	Grosor (cm)	Altura (cm)
Mayo	Media	4,40	2,44	3,11
	Desv Est.	0,24	0,29	0,29
Junio	Media	6,11	3,73	4,47
	Desv Est.	0,49	0,40	0,41
Julio	Media	5,90	3,61	4,30
	Desv Est.	0,49	0,41	0,36
Total	Media	5,36	3,18	3,88
	Desv Est.	0,89	0,70	0,72

Nota. La tabla indica las mediciones morfométricas de la concha de *Anadara tuberculosa*. Elaboración propia, 2022.

Cerca del 40% de las capturas se está ejerciendo sobre individuos con tallas inferiores a 5,0 cm y de estos, el 23,29% corresponden a individuos pre-adultos, lo cual es preocupante dado el agotamiento del recurso. No se registraron individuos jóvenes, considerados por Borda y Cruz (2004) menores de 3,0 cm. Aproximadamente el 60% de las capturas se está ejerciendo sobre individuos con tallas superiores a 5,0 cm, considerada la talla mínima lega de captura en Colombia (Tabla 3).

Tabla 3

Distribución de las capturas de Anadara tuberculosa por rango de tallas obtenidas de centros de acopio en Tumaco-Nariño.

Rango tallas (cm)	Registros por rango de tallas		
	0-4,5	4,5-5,0	más de 5,0
Frecuencia (%)	23,29	17,12	59,59
N	34	25	87
Mínimo	3,8	4,5	5,3
Máximo	4,4	4,9	7,5
Media (cm)	4,25	4,60	6,03
Desv. estándar	0,17	0,13	0,47

Nota. La tabla muestra los rangos de tallas de las pianguas comercializadas en Tumaco. Elaboración propia, 2022.

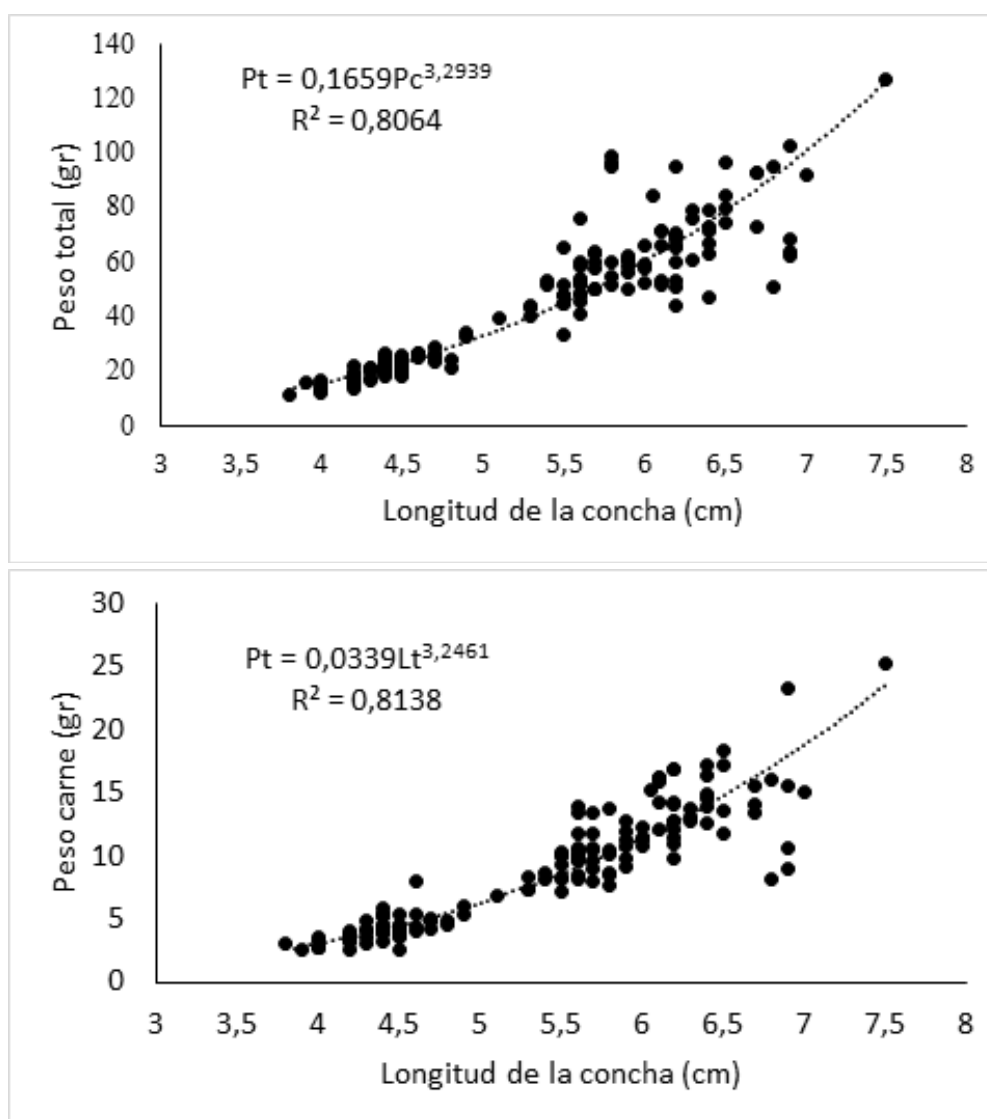


Crecimiento de *Anadara tuberculosa*

La relación del peso total (Pt) y peso de la carne (Pc) con la longitud de la concha de *Anadara tuberculosa*, mostró una alta correlación ($r = 0,90$) para las dos variables (Pt y Pc); la pendiente (b) en ambos casos fue de 3,29 y 3,24 respectivamente, [Figura 5](#). El valor de “b” calculado no difiere estadísticamente de tres y por lo tanto *Anadara tuberculosa* presentó un crecimiento del tipo isométrico (t-Student, $p > 0,05$). La linealización de las curvas permitió encontrar una ecuación predictiva lineal para determinar las variables de peso y longitud, [Figura 6](#).

Figura 5

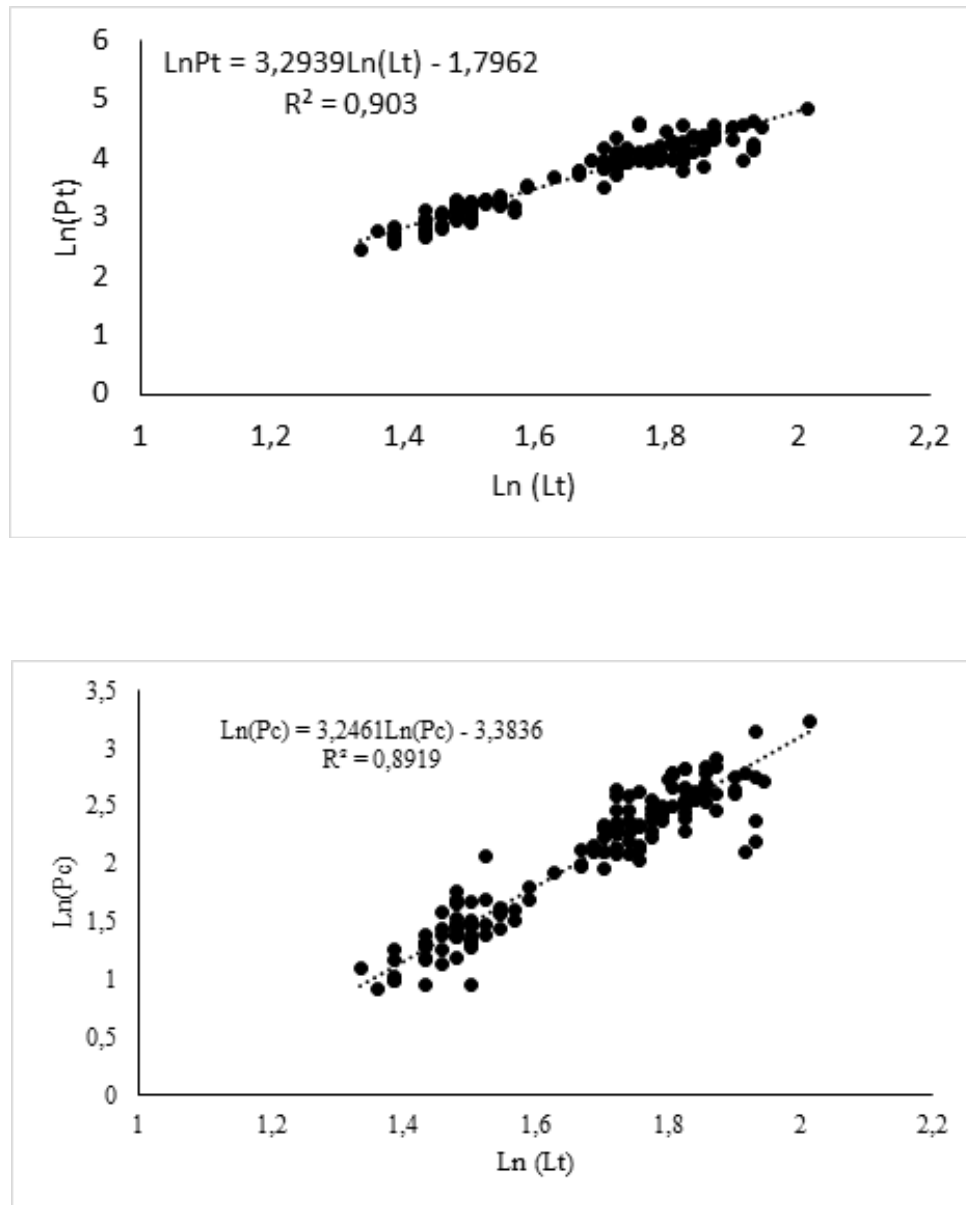
*Relación longitud-Peso total (superior) y longitud-Peso de carne (inferior), de *Anadara tuberculosa* en Tumaco durante mayo a julio de 2022.*



Nota. Las figuras muestran la forma del crecimiento de *Anadara tuberculosa*. Elaboración propia, 2022.

Figura 6

*Linealización con logaritmo natural de la relación longitud-Peso total (superior) y longitud-Peso de carne (inferior), de *Anadara tuberculosa* en Tumaco durante mayo a julio de 2022.*



Nota. Las figuras muestran la predicción lineal del aumento en masa de *Anadara tuberculosa* si se conoce su longitud total. Elaboración propia, 2022.

Discusión

Tallas de captura

En Tumaco, se está comercializando una alta proporción (40%) de individuos que no presentan la talla mínima legal de captura en Colombia (50,0 mm), lo cual indica una preocupación en las autoridades ambientales debido a que la captura de individuos por debajo de esta talla disminuye el potencial reproductivo de las poblaciones de piangua y el agotamiento del recurso. Esto se sustenta en los estudios que han encontrado la talla media de primera madurez sexual (TMPM), en la que se considera que el 50% de la población de *Anadara tuberculosa* ha tenido al menos un desove, considerada para el Pacífico colombiano en 43,50 mm, y sólo para Tumaco en 41,00 mm, (Lucero et al., 2013). Lo anterior sugiere fortalecer procesos de sensibilización relacionados con la comercialización de individuos con la talla legal de captura en función de la sostenibilidad ambiental y económica de la región.

Desarrollo sexual

La mayor actividad reproductiva encontrada en julio no coincide con lo reportado por Lucero et al. (2013) en Tumaco, quienes encontraron que la mayor actividad reproductiva se presenta en junio mientras que la menor es en octubre con eventos de desove en febrero y mayo. Esto sugiere que se presentan variaciones en las épocas de madurez sexual de *Anadara tuberculosa* en el tiempo. Los resultados muestran que existen eventos reproductivos en el transcurso del estudio, lo cual puede estar condicionado por el prolongado periodo de recolección de las muestras que osciló entre 3 y 4 semanas entre una y otra muestra obtenida. Después de eventos de desove, el proceso inicia con una recuperación fisiológica de los organismos en su medio natural (estado de reposo), para acondicionarse a la maduración de los gametos durante una o dos semanas (estados madurez inicial y madurez), continúan eventos de desoves parciales o totales (estado desove) según las variaciones de parámetros del agua como la temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento (microalgas y nutrientes esenciales), mediados por las condiciones de pluviosidad. Por ejemplo, Illanes (1990) afirma que un aumento de temperatura de 3°C a 5°C por encima de la temperatura normal del agua induce al desove de los moluscos en laboratorio, mientras que el cambio de salinidad de 0 unidades de salinidad a 31 unidades durante una hora, puede inducir también al desove (Retamales-González et al., 2014, Vélez-Cárdenas, Posterior al desove empieza nuevamente la recuperación sexual (estado “reposo”) en donde no es posible observar las gónadas. Estos eventos pueden ocurrir en el transcurso de un mes. Por lo tanto, muestras obtenidas con periodicidad mensual o bimensual como se han realizado algunos estudios en el pacífico americano, pueden tener la misma condición sexual; ya que durante el tiempo anterior al muestreo ocurren eventos de maduración y desove.

Debido a lo anterior se sugiere realizar el monitoreo semanal de la condición sexual de esta especie con fines de reproducción en cautiverio. A partir de ello, se podrá determinar el momento exacto en donde más del 50% de la población se encuentra sexualmente madura y en condiciones para el desove. De esta manera se aprovechan las condiciones que ofrece el medio natural, para



la inducción al desove de la especie. Información que es importante para las comunidades extrac-
toras de este recurso que implementarán los procesos de producción de semillas de esta especie.
El rendimiento (R) de la carne encontrado en el presente estudio ($19,49\% \pm 0,98\%$) es inferior a
lo reportado por Lucero et al. (2013) en la costa del Pacífico colombiano ($21,91\% \pm 7,44\%$) y en
Tumaco ($25,25\% \pm 8,07\%$). La correspondencia de este indicador con el IMS por meses evaluados
sugiere la condición fisiológica para la recuperación de los animales después de eventos de des-
ove, condiciones que fueron encontradas en el presente estudio. Esta especie mostro bajo IMS
y también de condición fisiológica (medido como rendimiento de carne), lo cual es explicado. En
este caso, el aumento de carne no es considerado un buen indicador de los eventos reproductivos
para esta especie,

Aunque estos resultados no coinciden con lo reportado por Silva y Bonilla (2001), Cruz y Palacios
(1983), Lucero et al. (2013) quienes encontraron una relación directa entre índice de condición (R)
con el IMS, el presente trabajo encontró que bajo la condición de estudio, la poca madurez encon-
trada se corresponde a una baja condición fisiológica de los animales, por lo tanto, el índice de con-
dición (R) es un buen estimativo de los procesos reproductivos para esta especie. Se recomienda
continuar estos estudios para demostrar esta condición, teniendo en cuenta otras variables como
el aumento de materia orgánica y disposición de nutrientes en las aéreas de manglar, estructura
del bosque, contaminación, ya que según Cruz y Palacio (1983); Silva y Bonilla (2001), el índice de
condición (R) está relacionado con estas variables, ya que también es considerado como un buen
indicador de la calidad del ambiente (Lucero et al., 2013), y registros bajos de este indicador po-
drían sugerir condiciones desfavorables del ecosistema de manglar para la sostenibilidad de esta
especie.

Crecimiento de *Anadara tuberculosa*

Anadara tuberculosa presentó un crecimiento del tipo isométrico tanto para el peso total como
para el peso de la carne, lo cual coincide con lo encontrado por Lucero et al. (2012) en Bahía Mála-
ga (Valle del cauca) y en Tumaco por Gil-Agudelo et al. (2011). Lo anterior implica que, en Tumaco
esta especie aumenta proporcionalmente la longitud de la concha con el crecimiento corporal
(solo carne) a partir de la incorporación de carbonato de calcio para el aumento de la concha. Esta
información es de gran importancia para establecer estrategias de cultivo y reproducción de este
molusco con fines de repoblamiento.

El crecimiento isométrico encontrado confirma los resultados expuestos por Silva & Bonilla (2001),
Lucero et al. (2012), quienes sugieren que la diferencia de rendimiento de carne (R) entre los gru-
pos de tallas, indican que *Anadara tuberculosa* disminuye su producción de carne después de los
40 mm de longitud, aunque el peso de la concha sigue aumentando. Esta disminución del peso de
la carne coincide con la reducción del crecimiento después del primer año de vida, lo cual indica
que *Anadara tuberculosa* invierte más energía en incorporación de carbonato de calcio para la
concha y menos al aumento de talla (Lucero et al., 2012). Esta información es necesaria debido, a
que, para procesos de acuicultura de esta especie, se recomienda tener en cuenta la talla máxima
en la cual el animal aumenta de carne (40 mm), y así disminuir los gastos económicos y tiempo en
la actividad.



Conclusiones

Se encontró que el 40% de las capturas comerciales en Tumaco, se están realizando sobre individuos que no tienen la talla legal de captura en Colombia, lo cual resulta peligroso debido a la reducción del potencial reproductivo de la especie.

Se concluye que, para una evaluación general del desarrollo sexual de *Anadara tuberculosa*, se deben obtener muestras semanales durante un año de estudio, con el fin de encontrar los índices de madurez sexual superiores al 70% para iniciar los procesos de inducción al desove en cautiverio.

El índice de condición determinado a partir del rendimiento de la carne sugiere que la población está iniciando un proceso de recuperación fisiológica después de ventos reproductivos condiciones que deben ser estudiadas.

Con respecto al crecimiento, el presente estudio demostró el crecimiento de tipo isométrico de esta especie, lo cual permite definir la talla en la cual los individuos pueden ser cosechados en un sistema cultivo, para obtener el máximo rendimiento de la carne.

Al respecto, se recomienda que para el desarrollo de la acuicultura de esta especie, los animales deben permanecer hasta los 4,0 cm de longitud total en los sistemas de cultivo, debido a que esta es la talla en donde se encuentra el máximo aumento de la carne. A partir de esta medida, los individuos disminuyen la producción de carne, pero aumentan en talla debido a la incorporación de carbonato de calcio para el engrosamiento de la concha.

Referencias

Ardila, N., Navas, G. R. y Reyes, J. O. (Eds.). (2002). *Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia*. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/libro-rojo-de-invertebrados-marinos-de-colombia/>

Borda, C.A. y Cruz, R. (2004a). Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25 (3), 185-195. [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Repro-Recluta%20\(2004-185\).pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/colombia/Docs%20INCODER/Anadara%20Repro-Recluta%20(2004-185).pdf)

Borda, C. A. y Cruz, R. (2004b). Pesca artesanal de bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. similis* y su relación con eventos ambientales, Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25 (3), 197-208. <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/borda2004.pdf>

Borda, C.A. y Cruz, R. (2004c). Crecimiento y tasas de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25, 177-184. www.cim.uh.cu/rim/pdf/2004/3/2004-177.PDF



Cano-Otalvaro, J. L., Murrillo-García, O. E., Cantera-Kintz, J. R. y Gil-Agudelo, D. L. (2012). Diferenciación morfológica de las especies de piangua *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* (Arcidae) en diferentes bosques de manglar a lo largo de la costa pacífica colombiana mediante morfometría geométrica. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41 (1), 47-60. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n1/v41n1a03.pdf>

Chamorro, E. & Rosero, C. (2016). Estimation of *Anadara tuberculosa* genetic diversity in five mangroves from Tumaco, using Cytochrome oxidase I enzyme. *Revista MVZ Córdoba*, 21(3), 5547-5557. <https://doi.org/10.21897/rmvz.829>

Cruz, R.A. & Palacios, J. A. (1983). Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 31 (2), 175-179. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24931/25136>

Cruz, R.A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 32(1):45-50. Available as: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24772/24987>

Cruz, R. y Borda, C. A. (2003). Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de la piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 24, 221-230 www.cim.uh.cu/rim/pdf/2003/3/2003-221.pdf.

Espinosa, S., Delgado, M. F., Orobio, B., Mejía, L. L. M. y Gil-Agudelo, D. L. (2010). Estado de la población y valoración de algunas estrategias de conservación del recurso piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en sectores de Bazán y Nerete, costa pacífica nariñense de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR*, 39 (1), 161-176. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612010000100009

García, L. N., Murillo, D. L., Tabares, P. A., Paredes, F. J. & Chapman, F. A. (2018). Induced spawning of the blood ark *Anadara tuberculosa*, using hydrogen peroxide. *AACL Bioflux*, 11 (4), 1248-1251. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.1248-1251.pdf>

Gil-Agudelo, D.L., Espinosa, S. Delgado, M. F, Gualteros, W.O., Lucero, C. H. Zapata, L. Roldán, A. M., Palacio, C. J., Muñoz, O., Mayor, G. y Cantera, J. R. (2011). La pesquería tradicional de piangua el Pacífico colombiano, entre la subsistencia y el comercio. En Díaz, J.M., Vieira, C. y Melo, G. (Ed.). *Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano* (pp.49-79). MarViva. https://www.researchgate.net/publication/328772591_La_pesqueria_tradicional_de_piangua_en_el_Pacifico_colombiano_entre_la_subsistencia_y_el_comercio/link/5be1fc16a6fdcc3a8dc285e9/download

Holden, M. J. y Raitt, D. F. S. (Eds). (1975). *Manual de ciencia pesquera Parte 2-Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/3/f0752s/F0752S00.htm>



Illanes, J. (1990). *Cultivo del ostión del Norte Argopecten purpuratus*. En: Hernández A (ed) Cultivo de moluscos en América Latina, memorias 2a Reunión Grupo de Trabajo Técnico, Ancud, Chile: 211-230.

Lucero, R. C. H., Cantera, J. R. y Neira, R. (2012). Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoida: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en la bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. *Revista de Biología Tropical*, 60 (1), 203-217. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000100014

Lucero-Rincón, C. H. Cantera, J. R., Gil-Agudelo, D. L., Muñoz, O., Zapata, L. A., Cortes, N., Gualteros, W. O. y Manjarrés, A. (2013). Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48 (2), 321-334. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572013000200011

Lucero-Rincón, C. H. (2019). *Acumulación de mercurio y plomo, en el bivalvo Anadara tuberculosa, entre los años 2016 y 2018 en la desembocadura del río Dagua, Pacífico colombiano* [Tesis de maestría, Universidad Santiago de Cali]. Repositorio Institucional USC. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/232?show=full&locale>.

Lucero-Rincón, C. H., Cantera J. R., Gil-Agudelo D. L. (2021). Hermafroditismo en los bivalvos *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* Sowerby 1883 (Arcidae) en los manglares del Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(1), 163-170. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1019>

Manjarrés-Villamil, A., Lucero-Rincón, c. H., Gualteros, W. O., Cantera J. R. y Gil-Agudelo D. L. (2013). Abundancia y madurez sexual de *Anadara similis* en el manglar de Luisico, bahía Málaga, Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 42(2): 215-231. Available as: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612013000200001

Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). www.fao.org/docrep/003/X6845S/X6845S00.htm#toc.

Roldan, A. M., Delgado, M. F., Zapata, L. A., Candelo, C., Palacios, C. J., Gualteros, W., Lucero, R. C. H., Espinosa, S., Muñoz O. F., Mayor G. A. y Gil, D. L. (2010). El establecimiento de acuerdos de comanejo del recurso piangua (*Anadara tuberculosa*) en la costa Pacífica colombiana, una oportunidad para su conservación. En INVEMAR-ACIMAR (Eds). *Libro de Resúmenes extendidos XIV Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar, (SENALMAR)* (pp. 411-416). Serie de Publicaciones Especiales No, 21.

Silva, A.M. y Bonilla, R. (2001). Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 49 (2), 315-320. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/26337/26534>



Retamales-González, R., Panta-Vélez, P., Vélez-Cárdenas, J. (2014). Inducción al desove de la Concha Prieta *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en condiciones de laboratorio. *Revista La Técnica* 12 56 – 63

Zambrano, M., Casanova, R., Arencibia, G., Vidal, A. y Capetillo, N. (2012a). Cinética de bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en *Anadara similis* (Adams, 1852) y *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 15 (2), 291-302. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262012000200006&script=sci_abstract&tlng=es

Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A. & Capetillo, N. (2012b). Bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Arcoida: Arcidae). *Gayana (Concepción)*, 76 (1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000200001>

Zambrano, M., Prada, J., Arencibia, G. & Vidal, A. (2012c). Bioacumulación de naftaleno y fluoranteno en el molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15 (2), 283 – 290. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262012000200005



Agrobiotecnología: Desafíos actuales y perspectivas de futuro

Ana María Henao Ramírez, Johana Victoria Escobar Calderón,
Elizabeth Alzate Quintero, Cesar Javier Ortiz Echeverri

Referencia: Henao, A. M., Escobar, J. V., Alzate, E., Ortiz, C. J. (2022) Agrobiotecnología: Desafíos actuales y perspectivas de futuro. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, (8), 23-45.

Resumen

Un pilar fundamental en el presente y el futuro próximo es la agrobiotecnología. La globalización, el desarrollo y las nuevas tecnologías juegan un papel importante en el mundo actual, pero están presentando a la sociedad una serie de retos que debemos afrontar. En este contexto, las discusiones en torno a las tecnologías digitales han ido cobrando protagonismo y se evidencian nuevos modelos de negocio y procesos inteligentes aplicados a la biotecnología. La presente revisión proporciona información básica sobre algunas de las principales contribuciones de la agrobiotecnología (AgBiotech). Se vislumbran algunas de las principales oportunidades de las tecnologías digitales en el amplio campo de la agrobiotecnología que buscan satisfacer las necesidades en la productividad de cultivos y alimentos para el bienestar humano, a través de la seguridad alimentaria. Además, en el cuidado de un planeta que requiere cada vez más prácticas que propendan por la sostenibilidad ambiental, y la viabilidad económica de los países.

Palabras clave: AgBiotech, AgTech, Agricultura de precisión, Biotecnología, Industria 4.0.

Introducción

Las grandes problemáticas existentes en el mundo como el cambio climático, la explosión demográfica, la seguridad alimentaria, la transformación económica, entre otras, representan grandes retos que pueden ser resueltos a través de la biotecnología articulada con ciencias artificiales como las computacionales y las de prototipado, que se encuentran a la vanguardia en la Cuarta Revolución Industrial (Show et al., 2022; Xu et al., 2018). Las anteriores revoluciones estuvieron centradas exclusivamente en la materia inerte y física, mientras que la Cuarta Revolución Industrial se aborda tecnologías disruptivas tales como el Internet de las cosas, Big Data, impresión 3D, computación en la nube, robots autónomos, realidad virtual y aumentada, sistema ciber físico, inteligencia artificial, sensores inteligentes, simulación, nanotecnología, drones y biotecnología, entre otros (Massabni & da Silva, 2019; Bongomin et al., 2020).

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la biotecnología es entendida como cualquier aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos o sus derivados, para fabricar o modificar productos o procesos para un uso específico (Organización de las Naciones Unidas para la Salud [FAO], 1992). Hoy en día, las aplicaciones conocidas de la biotecnología pueden verse como un gran espectro, Kafarski (2012) desarrolló un código de colores para diferenciar las principales áreas de la biotecnología: blanco (industrial), azul (marino y de agua dulce), rojo (farmacéutico), marrón (desierto), violeta (patentes e invenciones), entre otros. El color verde en biotecnología representa las áreas agrícola y ambiental, entendiendo la biotecnología agrícola como el uso de herramientas y técnicas científicas para desarrollar el sector agrícola y en la biotecnología ambiental el uso de organismos para prevenir, reducir y tratar la contaminación ambiental (Barkha & Bharti, 2016). **Figura 1.**



Figura 1*Clasificación de la biotecnología moderna.*

Nota. La figura muestra la clasificación de la biotecnología de acuerdo con el color. Fuente: Adaptado de Vallero (2010).

Dentro de la biotecnología agrícola existen diferentes tipos de tecnologías que en su sentido más amplio han sido responsables de sustentar a la humanidad, el crecimiento de su población y la expansión de la complejidad de las sociedades durante milenios (Gabr, 2003). De hecho, la capacidad de satisfacer las necesidades alimentarias básicas del mundo empleando una proporción cada vez menor de labor humana y unidad de tierra es atribuible al desarrollo de tecnologías agrícolas cada vez más sofisticadas (Nyerhovwo & Douglasson, 2010). Las prácticas agronómicas que implican la mecanización, la fertilización del suelo, el control de plagas y enfermedades, junto con el mejoramiento genético de los cultivos han sido las tendencias dominantes y también controversiales en muchos casos, teniendo oposición principalmente, en la disminución de la diversidad de variedades nativas, aumento de los monocultivos o control corporativo de la producción alimentaria (Zimdahl, 2022); sin embargo, algunos de los mayores avances en la productividad y rendimiento de los cultivos han sido gracias a la producción biotecnológica que ha implicado la integración de las tecnologías genéticas y agronómicas (Haggag et al., 2015). En este contexto, el presente documento tiene como objetivo proporcionar información básica sobre el papel que desempeña actualmente la agrobiotecnología y el rol que puede desempeñar en el futuro de los sistemas agrícolas con la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura orientada a identificar las contribuciones presentes y perspectivas en torno a la agrobiotecnología y en su relación con la industria 4.0. El proceso de investigación comprendió los siguientes pasos:

1. Definición de una pregunta de investigación para orientar el proceso de búsqueda y análisis de los resultados.



2. Definición de criterios de búsqueda, inclusión y exclusión.
3. Identificación de estudios.
4. Selección de los estudios a partir de criterios establecidos mediante doble revisión.
5. Síntesis de estudios seleccionados mediante doble revisión.
6. Análisis global.

Definición de una pregunta de investigación:

¿Cuáles son las principales contribuciones actuales de la agrobiotecnología y el rol que puede desempeñar en el futuro las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 en los sistemas agrícolas?

Definición de criterios de búsqueda, inclusión y exclusión:

Se realizó un proceso sistemático de búsqueda de literatura científica, publicada en la base de datos Science Direct. Se filtraron los resultados por artículos de investigación y revisiones desde el 2019 al 2022. La búsqueda empleada en la selección del material bibliográfico científico se realizó utilizando una combinación de palabras claves en inglés: “agricultural biotechnology”, “agrobiotechnology”, “AgTech”, “Ag Biotech”, “agrobiotechnology 4.0”.

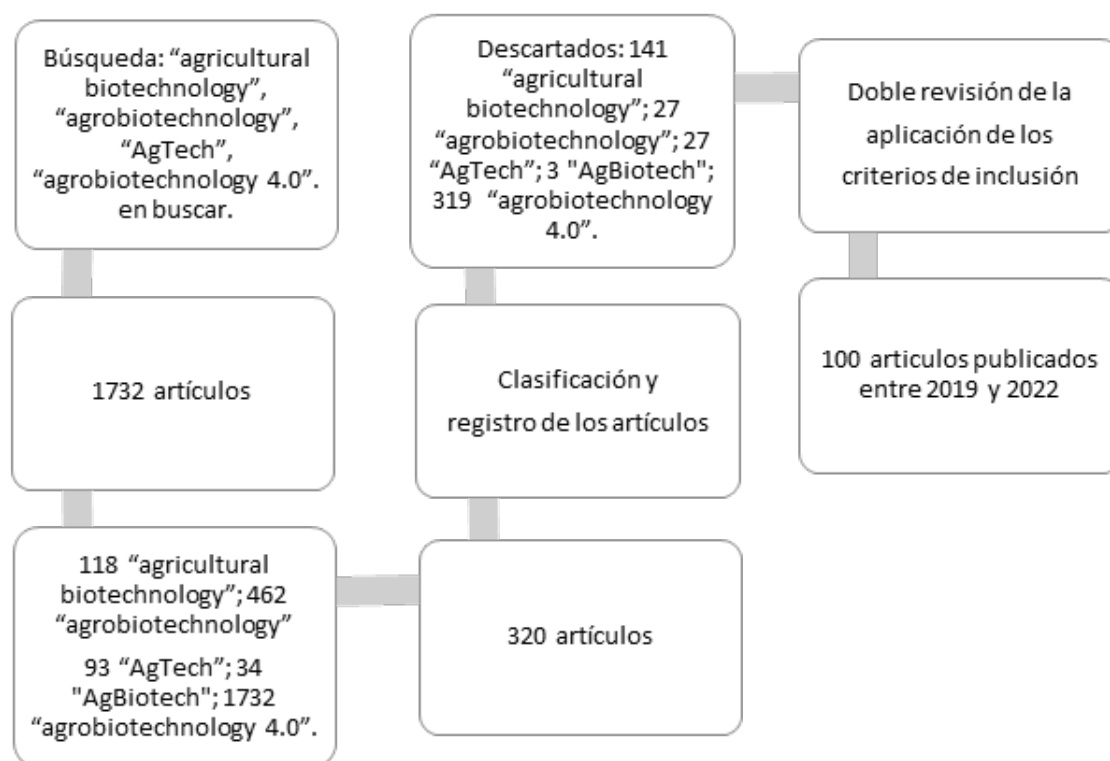
Identificación de estudios

En el proceso de búsqueda se identificaron 2.439 estudios. Se construyó una base de datos con textos con acceso completo a 517 escritos. Finalmente, estos artículos fueron revisados a nivel individual por uno de los investigadores, revisando los títulos y resumen de los trabajos para una selección total de 320 artículos. Después se realizó una revisión grupal para garantizar la adecuada aplicación de los criterios de inclusión. Se definieron los siguientes criterios para la inclusión de la bibliografía a la presente revisión: (1) Que el tema de los documentos fuese sobre agrobiotecnología, incluida la biotecnología vegetal; (2) Que presentara aportes respecto la innovación en el sector relacionados con tecnologías de la industria 4.0; (3) Que presentara evidencias en los mercados relacionados al sector agro biotecnológico. En total se seleccionaron 100 referencias bibliográficas a las cuales se les realizó una revisión detallada con el fin de extraer y discriminar la información necesaria para desarrollar el objetivo de esta revisión (**Figura 2**).

Figura 2

Diagrama del proceso de búsqueda, filtro y selección de los estudios que conformaron la revisión sistemática.





Nota. La Figura muestra el paso a paso de la selección e inclusión de los artículos científicos para llevar a cabo la revisión del tema. Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo del tema y discusión

Agrobiotecnología

De acuerdo con U.S Department of Agriculture (USDA, 2022) la agrobiotecnología se define como una amplia gama de herramientas, incluidas las técnicas tradicionales de reproducción, que alteran los organismos vivos, o partes de organismos, para fabricar o modificar productos; mejorar plantas o animales; o desarrollar microorganismos para usos agrícolas específicos. La biotecnología moderna hoy en día incluye las herramientas de la ingeniería genética (USDA, 2022).

Tal vez sea justo decir que los avances más notables que se han realizado en los últimos años en el sector de las biotecnologías agrícolas se han derivado de la investigación sobre los mecanismos genéticos de los que dependen determinados rasgos económicamente importantes (Sowmiyaa & Lavanya, 2020). La genómica es una disciplina en rápido progreso que proporciona información sobre la identidad, ubicación, efectos y funciones de los genes que influyen en esos rasgos. Los conocimientos obtenidos gracias a la genómica han impulsado e impulsarán cada vez más la aplicación de biotecnologías a los cultivos (Vaishnav & Demain, 2009).

La biotecnología agrícola moderna comprende una variedad de instrumentos que emplean los científicos para comprender y manipular la estructura genética de organismos que han de ser utilizados en la producción o elaboración de productos agrícolas (Altman, 2019). Son precisamente los principales descubrimientos pioneros en biología molecular, tales como, la estructura, función y organización de los ácidos nucleicos, genoma, transcriptoma, proteoma y metaboloma, los que han tenido un impacto inmediato con muchas perspectivas para la agricultura y el bienestar humano (Moshelion & Altman, 2015).

Las principales perspectivas presentadas por diferentes autores para resolver los principales obstáculos actuales a la biotecnología agrícola son:

- (i) Reducir la brecha genotipo-fenotipo, mediante la mejora de los métodos de selección y de detección cuantitativos y automatizados que se centran en la fisiología de la planta completa. Por ejemplo, transpiración, fotosíntesis y rasgos de calidad. Estos rasgos, combinados con algoritmos de toma de decisiones y aprendizaje automático, mejorarán la liberación de variedades recién obtenidas a los agricultores y evitarán largas fases de desarrollo y estudios de campo a gran escala (Hussain et al., 2018; Kumar et al., 2018; Sallam et al., 2019; Tardieu et al., 2017)
- (ii) Reducir la brecha entre el genoma y el medio ambiente, dado que muchos rasgos deseados de las plantas dependen de la interacción de muchos genes y vías metabólicas con este. Se ha mejorado la adopción de la investigación traslacional e interactómica en todas las etapas de I+D, es decir, relacionar continuamente los datos moleculares y el mejoramiento de parámetros para el rendimiento en el campo (Awada et al., 2018; Lenaerts et al., 2019; Qaim, 2020).
- (iii) Se debe prestar más atención a los eventos moleculares epigenéticos que son evolutivamente más relevantes para la adaptación de las plantas a entornos cambiantes (Kapazoglou et al., 2018; Kumar et al., 2017; Tirnaz & Batley, 2019; Varotto et al., 2020).
- (iv) Mejorar los procedimientos biotecnológicos de producción de nuevos biomateriales (Mimini et al., 2019; Reshetnikov et al., 2022; Szparaga et al., 2021).
- (v) Promover un diálogo transparente entre los biólogos moleculares y fisiólogos vegetales, por un lado; y los agricultores, las empresas de mejoramiento y el público por el otro, para resolver de manera conjunta los obstáculos económicos, sociológicos, legales y éticos (Mimini et al., 2019; Reshetnikov et al., 2022; Szparaga et al., 2021). Un enfoque integrado de bioagricultura de sistemas, que también considera el microbioma vegetal, para lograr un progreso sustancial en biotecnología vegetal y agricultura en el siglo XXI (Moshelion y Altman 2015).

Oportunidades

De acuerdo con Sowmiyaa & Lavanya (2020) existe un amplio espectro de oportunidades de productos innovadores que se están abordando actualmente en la biotecnología agrícola (**Tabla 1**). Estas oportunidades pueden clasificarse en la medida en que satisfacen necesidades en la productividad de cultivos (características de entrada), alimentos y bioprocesamiento (características de salida) o nutraceuticos y farmaceuticos (características de salud o medicinales). Todas facilitadas



por las herramientas de la biotecnología antes mencionadas y otras tecnologías habilitadoras que tienen aplicaciones en biotecnología agrícola.

Tabla 1

Oportunidades en el sector agrobiotecnológico.

Características de entrada	
Ingeniería vegetal/fitomejoramiento	Transformación genética de cultivos Tecnologías de expresión/protección de rasgos Tecnologías de reproducción selectiva (mapeo genómico) Control de fertilidad y apomixis
Control de plagas	Resistencia a enfermedades Resistencia a los insectos Resistencia a los nematodos Tolerancia a herbicidas
Mejora del rendimiento	Biomasa vegetal Rendimiento Tolerancia al estrés abiótico Nutrición vegetal y uso del agua
Características de salida	
Alimentos, alimentación y nutrición	Micronutrientes (Hierro, vitaminas) Composición y calidad de las proteínas, por ejemplo, perfiles de aminoácidos Aceites/ceras vegetales (calidad y estabilidad) Carbohidratos (almidón/gomas y calidad) Fitoquímicos (isoflavonas, antioxidantes) Calidad alimentaria, vida útil mejorada, alergenicidad/mitoxinas reducidas.
Plantas de procesamiento de alimentos	Plantas como sistemas de expresión/suministro de enzimas alimentarias, por ejemplo, lactasa, lipasa Enzimas para mejorar el procesamiento y la consistencia de los alimentos, con reducción Residuos, por ejemplo, fitasa, celulasa
Procesamiento industrial	Bioenergía (bioetanol) Biocatálisis Biofibras y biopolímeros Biosensores y biorremediación
Características medicinales	
Nutracéuticos y farmacéuticos	Productos naturales, nutracéuticos, fitoquímicos medicinales, productos farmacéuticos Moléculas terapéuticamente bioactivas modificadas (fitoquímica) Plantas como sistemas de expresión/suministro para terapéuticos (vacunas comestibles, anticuerpos vegetales)



Nota. En la tabla se muestran las oportunidades en el sector agrobiotecnológico. Fuente: Acquavia et al., (2021); Anand et al., (2019); Antonacci et al., (2018); Arduini et al., (2017); Benedetti et al., (2018); Chattopadhyay et al., (2017); Dahabieh et al., (2018); Gahukar & Das, (2020); Ghoshal, (2018); Halder et al., (2018); Hernández-Rosas et al., (2020); Kannan et al., (2019); Kaushal et al., (2018); Morawicki & Díaz González, (2018); Paul et al., (2020); Sharma & Kaushik, (2021); Singh et al., (2020); Srivastava, (2019); Wang et al., (2014); Yu et al., (2019).

No solo en el foco de rendimiento y productividad (toneladas de producto por hectárea) se ha centrado la agrobiotecnología, también la calidad nutricional y aprovechamiento de compuestos con bioactividad para el beneficio de la salud humana ha sido fundamental. Una de las ciencias que se ha venido estudiando para el desarrollo de estos productos es la transgénesis, que busca por ejemplo eliminar o disminuir sustancias de un alimento o producto que puedan causar daño a la salud humana como las sustancias tóxicas o alergénicas; también la agregación de valor nutricional donde se añade o aumentan vitaminas o minerales en un alimento con el fin de enriquecer su valor composicional y obtener mejoras a la salud con la ingesta determinado producto (Malik & Maqbool, 2020; Raybould, 2021).

El desarrollo tecnológico impulsado por investigaciones de tipo agroindustrial ha proyectado un tipo de producción de alimentos más saludables, acompañados de ciencias afines a la agrobiotecnología como la genómica, proteómica, lipidómica y metabolómica que ayudan a descubrir marcadores moleculares específicos en los alimentos, los cuales tienen potenciales efectos a la salud humana y prevención de enfermedades significativamente degenerativas (Ochoa, 2006). Existen varios ejemplos muy sonados a nivel publicitario, como el arroz dorado o “Golden Rice” que se encuentra enriquecido con Beta-caroteno para alimentar a poblaciones con deficiencias de este precursor de la vitamina A (Moghissi et al., 2016); aunque en la actualidad se necesitaría consumir 4 kg de arroz dorado para lograr una cantidad de beta-caroteno similar a lo que aporta una zanahoria. Por ello, se requieren más estudios acerca de la pertinencia de los desarrollos y la evaluación de riesgos sobre todo a los cultivos nativos y protección de germoplasmas a nivel estatal, para garantizar un desarrollo sostenible de la agrobiotecnología en la población mundial.

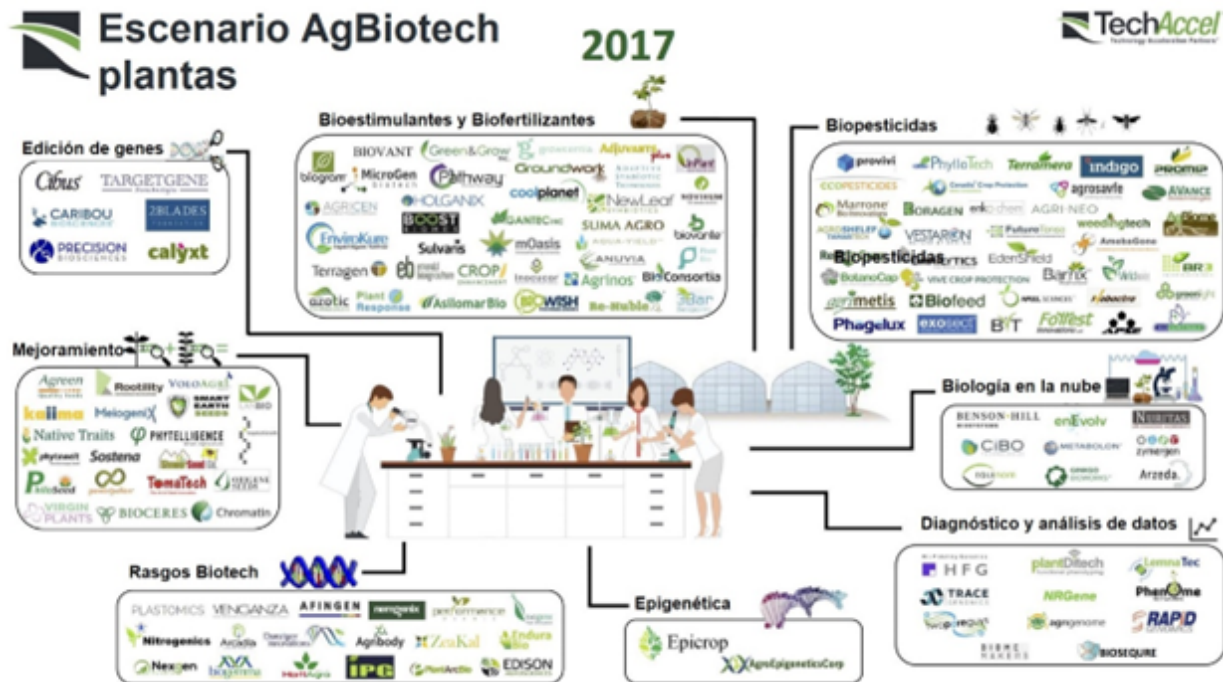
Mercados de la biotecnología agrícola o agrobiotecnología (Ag Biotech)

En la Ag Biotech se aplica a todas las tecnologías utilizadas en la granja que involucran procesos biológicos o químicos (Jhala et al., 2020; Manda et al., 2020; Meena & Mishra, 2020). Es una categoría amplia que involucra muchos tipos de tecnología y ciencia. La biotecnología agrícola es un componente central del panorama de inversión en tecnología agroalimentaria, de acuerdo con Morris (2017) las nuevas empresas recaudaron 262 millones de dólares solo en la primera mitad de ese año (**Figura 3**).

Figura 3

Escenario de sectores empresariales en la AgBiotech de plantas a nivel mundial para el 2017.





Nota. La figura muestra el escenario de sectores empresariales de plantas a nivel mundial en el año 2017. Fuente: Adaptado de Morris (2017).

Edición de genes

La edición de genes es una herramienta de biotecnología agrícola que se utiliza para insertar, editar o eliminar con precisión el ácido desoxirribonucleico (ADN) de un organismo (Yang & Hobbs, 2020). Se podrían utilizar uno de varios enfoques, incluidos CRISPR-Cas9, TALENs y Zinc Fingers para crear genes resistentes a enfermedades, mejorar la salud y la nutrición o mejorar el rendimiento por una fracción del tiempo y costo en comparación con modificación genética o tradicional (Dilawari et al., 2021; Rai et al., 2021; Srivastava, 2019). En la **Tabla 2** se relacionan algunas de las empresas que trabajan actualmente con edición de genes.

Tabla 2
Una selección de empresas que utilizan técnicas de edición de genes para la mejora de cultivos

Empresa		Ubicación	Año de establecimiento	Herramientas o servicios	Cultivos
Benson Biosystems	Hill	St. Louis, MO	2012	CRISPR-Cas9	Cultivos intensivos editados para mayor rendimiento,

(BensonHill, 2020)				resistencia al estrés y tolerancia a herbicidas
Corteva (división de agricultura de DowDuPont) (Corteva, 2022)	Wilmington, DE	2018	CRISPR-Cas9	Maíz ceroso modificado para la composición del almidón
Pairwise (Corteva, 2022)	Durham, NC	2018	CRISPR-Cas9	Cultivos intensivos como el maíz y la soja con mayor productividad, resistencia a enfermedades; frutas y verduras más convenientes
Syngenta (Corteva, 2022)	Basel, Suiza	2000	CRISPR-Cas9	Maíz, soja, trigo, tomate, girasol, modificado para aumentar el rendimiento
Tropic Biosciences (Corteva, 2022)	Norwich, UK	2016	CRISPR-Cas9	Plátanos resistentes a enfermedades, café descafeinado
Yield10 Bioscience (Corteva, 2022)	Woburn, MA	2015	CRISPR-Cas9	Lino diseñado para un mayor contenido de aceite

Nota. En la tabla se muestran las empresas que hacen edición de genomas en cultivos. Fuente: Elaboración propia.

Mejoramiento genético

Hay algunas nuevas empresas que desarrollan tecnologías innovadoras de reproducción y/o genética que evitan la carga regulatoria de un organismo modificado genéticamente (Agarwal et al., 2020). Tres ejemplos son Epicrop Technologies, un startup que utiliza la epigenética para mejorar el rendimiento, la tolerancia al estrés y el vigor en varios cultivos; Kaiima Bio Agritech (Sowmiyaa & Lavanya, 2020), una empresa que utiliza mutagénesis y otras tecnologías para mejorar el rendimiento de los cultivos; y Phytelligence (Sowmiyaa & Lavanya, 2020), un startup que utiliza tecnología patentada de cultivo de tejidos y protocolos para producir portainjertos más baratos, rápidos



y superiores.

Biología de la nube

Invertir en la intersección de la biología y los datos inteligentes es uno de los enfoques para resolver la crisis alimentaria mundial (Munir et al., 2018). Cloud Biology, que combina avances en genómica, computación en la nube, inteligencia artificial automatización de alto rendimiento, acelera los plazos de desarrollo, reduce los costos y produce cultivos optimizados (Kakani et al., 2020). Benson Hill Biosystems es líder en esta categoría y se centra exclusivamente en la agricultura (Ventures, 2017).

Biológicos y microbioma

Los insumos agrícolas en esta categoría incluyen bio-plaguicidas, sustancias naturales o microorganismos aplicados a semillas, plantas o suelo que controlan plagas y enfermedades por medios no tóxicos (Jhala et al., 2020; Manda et al., 2020; Meena & Mishra, 2020), y bioestimulantes/biofertilizantes, sustancias naturales o microorganismos que mejoran el crecimiento, la salud y la productividad de las plantas, o aumentar la disponibilidad de nutrientes (Barragán et al., 2021).

Existe una gran oportunidad en la investigación de microbiomas y productos biológicos a medida que las empresas se alejan de la química agrícola tradicional (Riat & Kaur, 2019). Los costos más bajos, los obstáculos regulatorios y las preocupaciones ambientales juegan un papel importante. Las empresas que recopilan datos relacionados con el microbioma y crean análisis predictivos pueden ser un objetivo de adquisición temprano para una gran empresa de semillas/fertilizantes/productos químicos o una nueva empresa respaldada por empresas que buscan mejorar el desarrollo interno de productos (Jhala et al., 2020; Manda et al., 2020; Meena & Mishra, 2020).

Innovación aplicada a la agricultura: AgTech

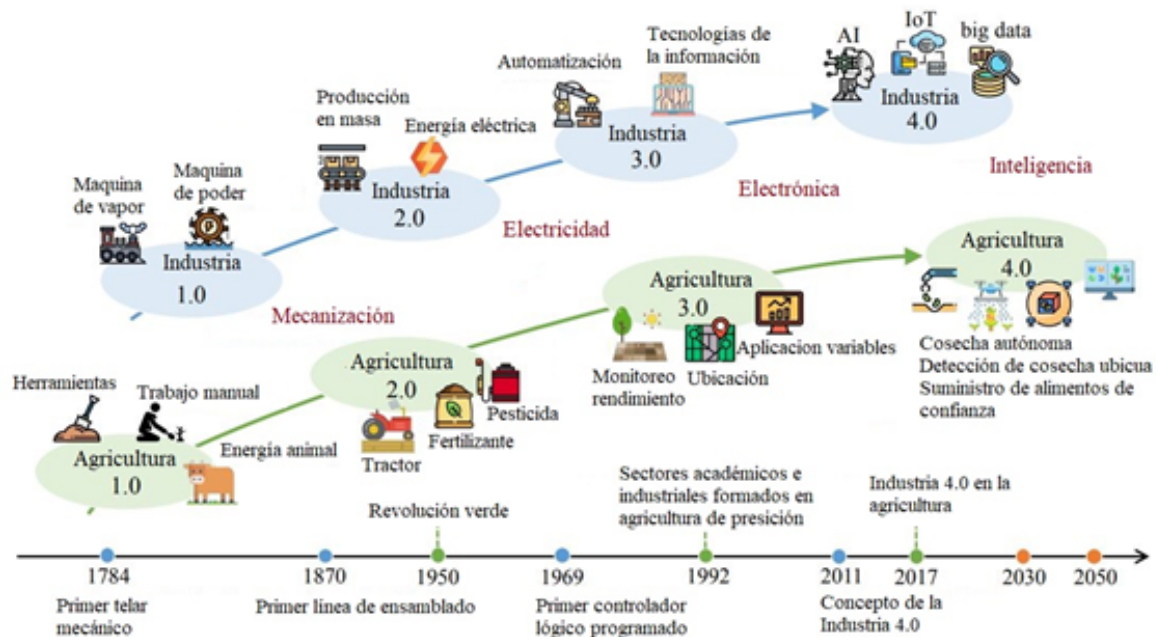
El monocultivo es el principal patrón de producción agrícola en la agricultura industrial actual, sin embargo, son múltiples los efectos negativos sobre el medio ambiente (Niether et al., 2020; Putra et al., 2020; Salaheen & Biswas, 2019). Aunque actualmente el proceso de producción agrícola en proceso de mecanización e informatización, la aplicación de nuevas tecnologías es aún incipiente (Abdulwaheed, 2019; Arifjanov et al., 2019). Para abordar estos problemas, es esencial integrar las tecnologías emergentes en la agricultura que permitirán a largo plazo mitigar algunos de los efectos negativos de las prácticas agrícolas (Rakhra et al., 2022; Wu et al., 2020).

El término 'AgTech' abarca una amplia gama de nuevas tecnologías que son aplicadas a los sistemas agropecuarios permitiendo aumentar la productividad, la eficiencia y la rentabilidad (Cavallo et al., 2019). La rápida evolución de la tecnología y la digitalización está transformando el sector agropecuario con la incorporación de las AgTech (**Figura 3**) (Cavallo et al., 2020; Koch, 2019; Liu et al., 2021; von Veltheim & Heise, 2020; Waltz, 2017). De acuerdo con Lachman et al., (2021) en el sector agroindustrial las empresas Agtech son aquellas que proveen servicios intensivos en conocimiento basados en tecnologías digitales para las diversas etapas de las cadenas agroalimentarias, desde la producción a campo hasta las fases de industrialización, logística y comercialización (Berman & Schallmo, 2021).



Figura 3

Hoja de ruta del desarrollo de las revoluciones industriales y las revoluciones agrícolas.



Nota. La Figura presenta la hoja de ruta del desarrollo de las revoluciones industriales y las revoluciones agrícolas. Fuente: Adaptado de Morris (2017).

Las nuevas tecnologías se basan en la inteligencia artificial para relevar, integrar y analizar los datos provenientes del campo, la genética, las transacciones, fenómenos climáticos y así revolucionar al sector de los agronegocios (Legun et al., 2022; von Veltheim & Heise, 2020). Su inclusión permite aumentar el potencial productivo y disminuir el impacto ambiental para lograr más rentabilidad de la mano de la digitalización y la innovación como las tecnologías blockchain (Foth & McQueenie, 2019). El Blockchain en la agricultura ayudará a los agricultores y a los responsables políticos en la toma de decisiones y proporciona información en tiempo real de diversos datos, desde cultivos hasta el clima (Sowmiyaa & Lavanya, 2020). Por ejemplo, mediante el uso de sensores para realizar siembras y fertilizaciones, remotos y comunicación satelital, redes de sensores, drones, aplicaciones o sitios de pronósticos climáticos y mercados online, son algunas de las más recientes innovaciones tecnológicas (Ayaz et al., 2019; Islam et al., 2021; Mekonnen et al., 2019; Mohamed et al., 2021) (**Figura 4**).

Figura 4

Red integrada espacio-aire-tierra-superficie para la detección y la creación de redes de agricultura ubicua.



Nota. La figura representa la red integrada espacio-aire-tierra-superficie para la detección y la creación de redes de agricultura ubicua. Fuente: Adaptado de Morris (2017).

Agricultura de precisión

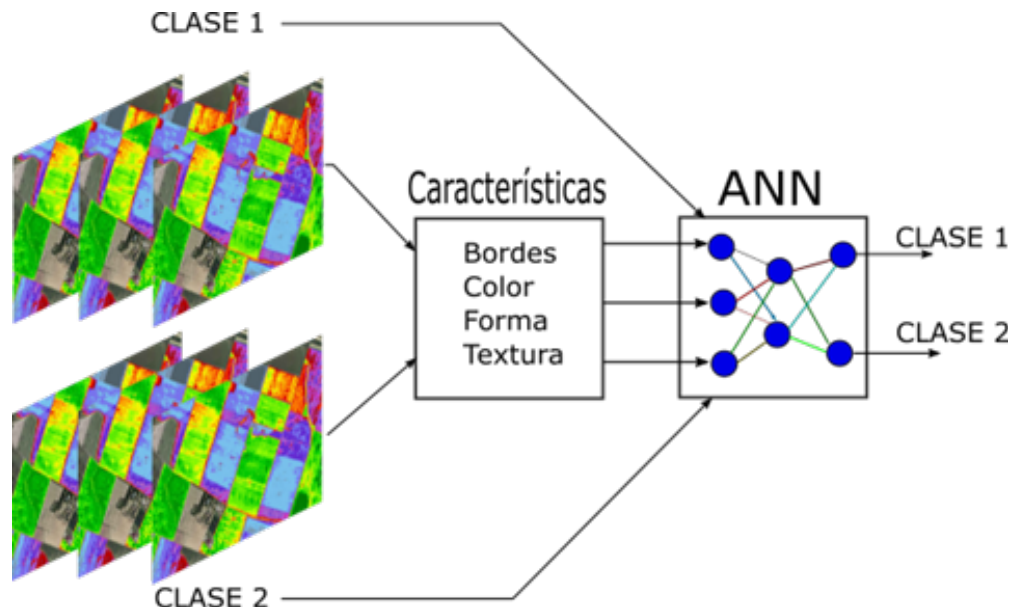
La Agricultura de Precisión (AP) agrupa tecnologías previamente mencionadas como redes de sensores, drones, cámaras multiespectrales, en donde los datos son procesados usando algoritmos para ayudar con la toma de decisiones que buscan optimizar los recursos necesarios para el cultivo (Ibarra, 2022; Montoya et al., 2017). Como ejemplo podemos pensar en un cultivo determinado en el cual se espera identificar de forma temprana el foco de una plaga para evitar fumigar con pesticidas toda el área y solamente hacerlo en donde se estén presentando los primeros casos de infección, de esta forma se reduce el uso de químicos que pueden tener efectos secundarios negativos en el ecosistema y reducen costos en los insumos (González et al., 2016). Para lograr esto se deben realizar caracterizaciones específicas para cada cultivo y para cada plaga en particular, lo que implica recopilar, procesar y validar grandes volúmenes de datos, es por esto la importancia de tecnologías asociadas al Big Data (González et al., 2016). Para el análisis de estos datos actualmente se usan algoritmos de aprendizaje automático, conocido también como aprendizaje de máquinas (del inglés, machine learning) tales como las Redes Neuronales Artificiales (ANN por sus siglas en inglés), que son inspiradas en las redes neuronales biológicas. Para que las ANN puedan clasificar los datos de entrada provenientes de los sensores o de imágenes del cultivo tomadas desde el aire, estas deben ser previamente entrenadas y para dicho entrenamiento es fundamental tener datos etiquetados, es decir que la ANN pueda saber cuáles datos son de la parte infectada del cultivo y cuáles son de las regiones sanas (González et al., 2016). Una vez entrenada, la ANN debe tener la capacidad de hacer predicciones con datos nuevos que no están etiquetados.

En la **Figura 5** se muestra un ejemplo para el entrenamiento de una ANN, considerando imágenes multiespectrales tomadas desde el aire de un cultivo determinado, y con los datos previamente

etiquetados como CLASE 1 y CLASE 2, en donde una clase sea el cultivo infectado y la otra clase el cultivo sano. La etapa previa consiste en extraer las características o patrones presentes en las imágenes tales como bordes, color, texturas, entre otros. El entrenamiento de la ANN consiste en ajustar los pesos o valores de conexión entre las neuronas que conforman la red. Una vez entrenada, la ANN debe tener la capacidad de clasificar nuevas imágenes y determinar qué parte del cultivo presenta una anomalía determinada.

Figura 5

Entrenamiento de una ANN para aplicaciones en AP.



Nota. Entrenamiento de una ANN para aplicaciones en AP. Fuente: autoría propia.

Una de las arquitecturas de Machine Learning más usadas actualmente y que se han convertido en el estado del arte en gran parte de aplicaciones relacionadas con la visión por computador son conocidas como Redes Neuronales Convolucionales (CNN por sus siglas en inglés), inspiradas en las neuronas que procesan la visión en los ojos biológicos (Wang et al., 2014, González et al., 2016, Kamilaris, A.). Las CNN cumplen la función de la extracción de características mediante operaciones matriciales entre las imágenes de entrada y unos filtros, conocidos también como kernels logrando encontrar patrones que van aumentando en complejidad y abstracción en cada capa de la red. Finalmente se usa una ANN como etapa de clasificación de características, en donde una vez entrenada la red, esta puede encontrar sutiles cambios en una zona de cultivo.

Conclusión

La biotecnología en la agricultura se considera un complemento científico a la agricultura convencional. Es una herramienta que utiliza organismos vivos o sustancias obtenidas de éstos para crear o modificar un producto con fines prácticos. Las aplicaciones de la biotecnología son innumerables y gracias a los avances generados de la biología sintética y la edición genómica se encuentran en

evolución continua, siendo actualmente consideradas como uno de los motores de la industria 4.0. Por otro lado, el desarrollo de las ciencias computacionales como el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial, ha impulsado la optimización de recursos en la productividad agrícola y busca minimizar la escasez de alimentos, mitigar la pérdida de biodiversidad y los efectos del cambio climático.

Referencias

Abdulwaheed, A. (2019). Benefits Of Precision Agriculture in Nigeria. London Journal of Research in Science: *Natural and Formal*, 19(2), 29–34. https://journalspress.com/LJRS_Volume19/507_Benefits-of-Precision-Agriculture-in-Nigeria.pdf

Acquavia, M. A., Pascale, R., Martelli, G., Bondoni, M., & Bianco, G. (2021). Natural Polymeric Materials: A Solution to Plastic Pollution from the Agro-Food Sector. *Polymers* 13(1). <https://doi.org/10.3390/polym13010158>

Agarwal, G., Kudapa, H., Ramalingam, A., Choudhary, D., Sinha, P., Garg, V., Singh, V. K., Patil, G. B., Pandey, M. K., & Nguyen, H. T. (2020). Epigenetics and epigenomics: underlying mechanisms, relevance, and implications in crop improvement. *Functional & Integrative Genomics*, 20(6), 739–761.

Altman, A. (2019). Plant tissue culture and biotechnology: perspectives in the history and prospects of the International Association of Plant Biotechnology (IAPB). *Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 55(5), 590–594. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09982-6>

Anand, U., Jacobo-Herrera, N., Altemimi, A., & Lakhssassi, N. (2019). A Comprehensive Review on Medicinal Plants as Antimicrobial Therapeutics: Potential Avenues of Biocompatible Drug Discovery. *Metabolites*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/metabo9110258>

Antonacci, A., Arduini, F., Moscone, D., Palleschi, G., & Scognamiglio, V. (2018). Nanostructured (Bio)sensors for smart agriculture. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, (98), 95–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.10.022>

Arduini, F., Cinti, S., Scognamiglio, V., Moscone, D., & Palleschi, G. (2017). How cutting-edge technologies impact the design of electrochemical (bio)sensors for environmental analysis. *A review. Analytica Chimica Acta*, (959), 15–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.12.035>

Arifjanov, A., Apakhodjaeva, T., & Akmalov, S. (2019). *Calculation of losses for transpiration in water reservoirs with using new computer technologies*. 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 1–4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9011883>

Awada, L., Phillips, P. W. B., & Smyth, S. J. (2018). The adoption of automated phenotyping by plant breeders. *Euphytica*, 214(8), 148. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2226-z>



Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access*, (7), 129551–129583. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8784034>

Barkha, S., & Bharti, S. (2016). Green Biotechnology and Scope of Genetically modified Crops: Facts and Prejudices. *Indian Journal of Agriculture Business*, (2), 1–11. https://www.researchgate.net/profile/Barkha_Sharma3/publication/315045012_Green_Biotechnology_and_Scope_of_Genetically_modified_Crops_Facts_and_Prejudices_Sharma_Barkha_Bharti_SK_Anita_Parul/links/58c8d02092851c2b9d528062/Green-Biotechnology-and-Scope-of-

Barragán, A., De-Hoyos, A., Luna, K. A., & Virgilio, T. A. (2021). *Supplementary materials on Agricultural Technology, Biofertilizers, Biopesticides and Compost*. <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26382/1/Supplementary%20materials%20on%20Agricultural%20Technology.pdf>

Benedetti, M., Vecchi, V., Barera, S., & Dall'Osto, L. (2018). Biomass from microalgae: the potential of domestication towards sustainable biofactories. *Microbial Cell Factories*, 17(1), 173. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-1019-3>

BensonHill. (2020). *Benson Hill Inc*. <https://bensohill.com/>

Berman, T., & Schallmo, D. (2021). *Digital Transformation of Business Models in the Israeli AgTech Landscape*. ISPIIM Conference Proceedings, 1–18.

Bongomin, O., Ocen, G., Nganyi, E., Musinguzi, A., & Omara, T. (2020). Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0. *Journal of Engineering*, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2020/4280156>

Cavallo, A., Ghezzi, A., & Guzmán, B. V. R. (2019). Driving internationalization through business model innovation: evidences from an AgTech company. *Multinational Business Review*, 28(2). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MBR-11-2018-0087/full/html>

Cavallo, A., Ghezzi, A., & Ruales Guzmán, B. V. (2020). Driving internationalization through business model innovation: Evidences from an AgTech company. *Multinational Business Review*, 28(2), 201–220. <https://doi.org/10.1108/MBR-11-2018-0087>

Chattopadhyay, P., Banerjee, G., & Mukherjee, S. (2017). Recent trends of modern bacterial insecticides for pest control practice in integrated crop management system. *3 Biotech*, 7(1), 60. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0717-6>

Corteva. (2022). *Corteva Agriscience*. <https://www.corteva.com/>

Dahabieh, M. S., Bröring, S., & Maine, E. (2018). Overcoming barriers to innovation in food and agricultural biotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, (79), 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.004>



Dilawari, R., Kaur, N., Priyadarshi, N., Kumar, B., Abdelmotelb, K. F., Lal, S. K., Singh, B., Tripathi, A., Aggarwal, S. K., & Jat, B. S. (2021). Genome editing: a tool from the vault of science for engineering climate-resilient cereals. *Springer: Harsh Environment and Plant Resilience* (45–72).

Foth, M., & McQueenie, J. (2019). Creatives in the country? Blockchain and agtech can create unexpected jobs in regional Australia. *The Conversation*, (1–5). <https://theconversation.com/creatives-in-the-country-blockchain-and-agtech-can-create-unexpected-jobs-in-regional-australia-117017>

Gabr, M. (2003). *Biotechnology: Perspectives of civil society. Biotechnology and Sustainable Development: Voices of the South and North*. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=JgpLeje8T74C&oi=fnd&pg=PA221&dq=Biotechnology:+Perspectives+of+civil+society.&ots=jtf6_rxkbl&sig=f7CAzm_L8hT0bHposmb57ddb3-Q#v=onepage&q=Biotechnology%3A%20Perspectives%20of%20civil%20society.&f=false

Gahukar, R. T., & Das, R. K. (2020). Plant-derived nanopesticides for agricultural pest control: challenges and prospects. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s41204-020-0066-2>

Ghoshal, G. (2018). Chapter 2 - Biotechnology in Food Processing and Preservation: An Overview. En A. M. Holban and A. M. Grumezescu (Eds.), *Advances in Biotechnology for Food Industry* (pp. 27-54). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811443-8.00002-5>

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., y Sarmiento, F. (2016). Drones aplicados a la agricultura de precisión. *Publicaciones e Investigación*, (10), 23–37. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1585>

Haggag, W. M., Abouziena, H. F., Abd-El-Kreem, F., & El Habbasha, S. (2015). Agriculture biotechnology for management of multiple biotic and abiotic environmental stress in crops. *J. Chem. Pharm. Res*, 7(10), 882–889. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153415617>

Halder, M., Roychowdhury, D., & Jha, S. (2018). A Critical Review on Biotechnological Interventions for Production and Yield Enhancement of Secondary Metabolites in Hairy Root Cultures. En V. Srivastava, S. Mehrotra, & S. Mishra (Eds.), *Hairy Roots: An Effective Tool of Plant Biotechnology* (pp. 21–44). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2562-5_2

Hernández-Rosas, F., Figueroa-Rodríguez, K. A., García-Pacheco, L. A., Velasco-Velasco, J., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2020). Microorganisms and Biological Pest Control: An Analysis Based on a Bibliometric Review. *Agronomy*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy10111808>

Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*, (201), 152–166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.011>



org/10.1016/j.agwat.2018.01.028

Ibarra, G. E. R. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. *Journal of Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34–38. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3978>

Islam, N., Rashid, M. M., Pasandideh, F., Ray, B., Moore, S., & Kadel, R. (2021). A review of applications and communication technologies for internet of things (Iot) and unmanned aerial vehicle (uav) based sustainable smart farming. *Sustainability*, 13(4), 1821. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1821>

Jhala, J., Baloda, A. S., & Rajput, V. S. (2020). Role of bio-pesticides in recent trends of insect pest management: a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 2237–2240. <https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue1/PartAL/9-1-403-760.pdf>

Kafarski, P. (2012). Rainbow code of biotechnology. *Chemik*, 66(8), 811–816. https://www.researchgate.net/publication/287253802_Rainbow_code_of_biotechnology

Kakani, V., Nguyen, V. H., Kumar, B. P., Kim, H., & Pasupuleti, V. R. (2020). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*, (2), 100033. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6916494>

Kannan, M., Mubarakali, D., Thiyonila, B., Krishnan, M., Padmanaban, B., & Shantkriti, S. (2019). Insect gut as a bioresource for potential enzymes- an unexploited area for industrial biotechnology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, (18), 101010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.048>

Kapazoglou, A., Ganopoulos, I., Tani, E., & Tsaftaris, A. (2018). Chapter Nine- Epigenetics, Epigenomics and Crop Improvement. En M. Kuntz (Ed.), *Transgenic Plants and Beyond* (Vol. 86, pp. 287–324). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.abr.2017.11.007>

Kaushal, J., Mehandia, S., Singh, G., Raina, A., & Arya, S. K. (2018). Catalase enzyme: Application in bioremediation and food industry. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, (16), 192–199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.035>

Koch, N. (2019). AgTech in Arabia: “Spectacular forgetting” and the technopolitics of greening the desert. *Journal of Political Ecology*, 26(1), 666–686. <https://doi.org/10.2458/V26I1.23507>

Kumar, Sanjay, Sachdeva, S., Bhat, K. V, & Vats, S. (2018). Plant Responses to Drought Stress: Physiological, Biochemical and Molecular Basis. En S. Vats (Ed.), *Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants* (pp. 1–25). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_1

Kumar, S., Singh, A. K., & Mohapatra, T. (2017). Epigenetics: History, present status and future perspective. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 77(4), 445–463. <https://doi.org/10.5958/0975-6906.2017.00061.X>

Lachman, J., López, A., Tinghitella, G., y Gómez-Roca, S. (2021). *Las Agtech en Argentina: desarrollo reciente, situación actual y perspectivas*. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/docin/document/docin_iiep_057

Legun, K., Burch, K. A., & Klerkx, L. (2022). Can a robot be an expert? The social meaning of skill and its expression through the prospect of autonomous AgTech. *Agriculture and Human Values*, (1–17). <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10460-022-10388-1.pdf?pdf=button>

Lenaerts, B., Collard, B. C. Y., & Demont, M. (2019). Review: Improving global food security through accelerated plant breeding. *Plant Science*, (287), 110207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110207>

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322–4334. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>

Malik, K. A., & Maqbool, A. (2020). Transgenic crops for biofortification. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (4), 571402. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.571402/full>

Manda, R., Addanki, V., & Srivastava, S. (2020). Microbial bio-pesticides and botanicals as an alternative to synthetic pesticides in the sustainable agricultural production. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, (21), 31–48. https://www.researchgate.net/publication/346628373_Microbial_bio-pesticides_and_botanicals_as_an_alternative_to_synthetic_pesticides_in_the_sustainable_agricultural_production#:~:text=The%20utilization%20of%20microbial%20bio,and%20insect%20pest's%20in%20agriculture.

Massabni, A. C., & da Silva, G. J. (2019). Biotechnology and Industry 4.0: The professionals of the future. *International Journal of Advances in Medical Biotechnology-IJAMB*, 2(2), 45–53. <https://doi.org/10.25061/2595-3931/IJAMB/2019.v2i2.39>

Meena, R. K., & Mishra, P. (2020). Bio-pesticides for agriculture and environment sustainability. *Resources Use Efficiency in Agriculture* (85–107). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-6953-1_3

Mekonnen, Y., Namuduri, S., Burton, L., Sarwat, A., & Bhansali, S. (2019). Machine learning techniques in wireless sensor network based precision agriculture. *Journal of the Electrochemical Society*, 167(3), 37522. https://digitalcommons.fiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1053&context=ece_fac

Mimini, V., Sykacek, E., Syed, S. N. A., Holzweber, J., Hettegger, H., Fackler, K., Potthast, A., Mundigler, N., & Rosenau, T. (2019). Compatibility of kraft lignin, organosolv lignin and lignosulfonate with PLA in 3D printing. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 39(1), 14–30.

Moghissi, A. A., Pei, S., & Liu, Y. (2016). Golden rice: scientific, regulatory and public information processes of a genetically modified organism. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(3), 535–541. <http://dx.doi.org/10.3109/07388551.2014.993586>

Mohamed, E. S., Belal, A. A., Abd-Elmabod, S. K., El-Shirbeny, M. A., Gad, A., & Zahran, M. B. (2021). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 971–981. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982321000582>

Montoya, E. A. Q., Colorado, S. F. J., Muñoz, W. Y. C., & Golondrino, G. E. C. (2017). Propuesta de una arquitectura para agricultura de precisión soportada en IoT. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (24), 39–56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6673698>

Morawicki, R. O., & Díaz González, D. J. (2018). Food Sustainability in the Context of Human Behavior. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 91(2), 191–196. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29955224>

Morris, B. (2017). Ag Biotech Market Map: 245 Startups Using Biology & Chemistry to Revolutionize Agriculture. AgFunder. <https://agfundernews.com/ag-biotech-market-map.html>

Moshelion, M., & Altman, A. (2015). Current challenges and future perspectives of plant and agricultural biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 33(6), 337–342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.03.001>

Munir, M., Baumbach, S., Gu, Y., Dengel, A., & Ahmed, S. (2018). Data analytics: industrial perspective & solutions for streaming data. *Data Mining in Time Series and Streaming Databases* 83(pp. 144–168). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789813228047_0007

Niether, W., Jacobi, J., Blaser, W. J., Andres, C., & Armengot, L. (2020). Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104085. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abb053/meta>

Nyerhovwo, J. T., & Douglasson, G. O. (2010). Biotechnology and food security in developing countries. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 4(1), 13–23.

Ochoa, B. (2006). La lipidómica, una nueva herramienta al servicio de la salud. *Gaceta Médica de Bilbao*, 103(3), 101–102. <https://www.elsevier.es/es-revista-gaceta-medica-bilbao-316-articulo-la-lipidomica-una-nueva-herramienta-S0304485806745346>

Organizacion de las Naciones Unidas para la Salud [FAO]. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-la-diversidad-biologica>

Paul, M. J., Watson, A., & Griffiths, C. A. (2020). Linking fundamental science to crop impro-

vement through understanding source and sink traits and their integration for yield enhancement. *Journal of Experimental Botany*, 71(7), 2270–2280. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz480>

Putra, R. P., Ranomahera, M. R. R., Rizaludin, M. S., Supriyanto, R., & Dewi, V. A. K. (2020). Short Communication: Investigating environmental impacts of long-term monoculture of sugarcane farming in Indonesia through DPSIR framework. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(10), 4945–4958. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211061>

Qaim, M. (2020). Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(2), 129–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aepp.13044>

Rai, K. K., Aamir, M., Zehra, A., & Rai, A. C. (2021). Research Trends in Genetically Modified (GM) Plants. En P. Singh, A. Borthakur, A. A. Singh, A. Kumar and K. K. Singh (Eds.), *Policy Issues in Genetically Modified Crops* (pp. 453–480) https://www.researchgate.net/publication/346075855_Research_Trends_in_Genetically_Modified_GM_Plants

Rakhra, M., Deb, P., Dahiya, O., Chandel, S. S., Bhutta, B., Badotra, S., Kumar, S., Shaukat, A., & Singh, D. (2022). *An Analytical Study of the Types of Implements used by Farmers in Mechanized Agriculture*. 2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON), 683–687.

Raybould, A. (2021). Improving the politics of biotechnological innovations in food security and other sustainable development goals. *Transgenic Research*, 30(5), 613–618. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11248-021-00277-4>

Reshetnikov, V. V., Smolskaya, S. V., Feoktistova, S. G., & Verkhusha, V. V. (2022). Optogenetic approaches in biotechnology and biomaterials. *Trends in Biotechnology*, 40(7), 858–874. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.12.007>

Riat, A. K., & Kaur, A. (2019). An Alternative Approach to Synthetic Insecticides: Bio-Pesticides. *Think India Journal*, 22(17), 89–98. <https://thinkindiaquarterly.org/index.php/think-india/article/download/12809/8081>

Salaheen, S., & Biswas, D. (2019). Organic farming practices: Integrated culture versus monoculture. *Safety and practice for organic food* (23–32). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/safety-and-practice-for-organic-food/biswas/978-0-12-812060-6>

Sallam, A., Alqudah, A. M., Dawood, M. F. A., Baenziger, P. S., & Börner, A. (2019). Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13). <https://doi.org/10.3390/ijms20133137>

Sharma, M., & Kaushik, P. (2021). Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, (36), 102149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>

Show, P. L., Chai, W. S., & Ling, T. C. (Eds.). (2022). *Microalgae for Environmental Biotechnology: Smart Manufacturing and Industry 4.0 Applications*. CRC Press. <https://www.routledge.com/Microalgae-for-Environmental-Biotechnology-Smart-Manufacturing-and-Industry/Show-Chai-Ling/p/book/9781032064116>

Singh, A. K., Rana, H. K., Tshabalala, T., Kumar, R., Gupta, A., Ndhlala, A. R., & Pandey, A. K. (2020). Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam: An overview. *South African Journal of Botany*, (129), 209–220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.017>

Sowmiyaa, S., & Lavanya, S. M. (2020). Agtech vis-a-vis Blockchain. *Biotica Research Today*, 2(11), 1143–1144. https://www.researchgate.net/publication/350225122_Agtech_vis-a-vis_Blockchain

Srivastava, R. K. (2019). Bio-energy production by contribution of effective and suitable microbial system. *Materials Science for Energy Technologies*, 2(2), 308–318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mset.2018.12.007>

Srivastava, Vivek. (2019). CRISPR applications in plant genetic engineering and biotechnology. *Plant Biotechnology: Progress in Genomic Era* (pp. 429–459). Springer. <https://www.semanticscholar.org/paper/CRISPR-Applications-in-Plant-Genetic-Engineering-Srivastava/b9c47a51dc-27760f73a9f6d52af1576a106e689b>

Szparaga, A., Kocira, S., & Kapusta, I. (2021). Identification of a biostimulating potential of an organic biomaterial based on the botanical extract from *Arctium lappa* L. roots. *Materials*, 14(17), 4920. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/17/4920>

Tardieu, F., Cabrera-Bosquet, L., Pridmore, T., & Bennett, M. (2017). Plant Phenomics, From Sensors to Knowledge. *Current Biology*, 27(15), R770–R783. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.055>

Tirnaz, S., & Batley, J. (2019). Epigenetics: Potentials and Challenges in Crop Breeding. *Molecular Plant*, 12(10), 1309–1311. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.09.006>

USDA. (2022). *Agricultural Biotechnology*. United States Departement of Agriculture. Foreign Agricultural Service.

Vaishnav, P., & Demain, A. L. (2009). Industrial Biotechnology, (overview). En M. Schaechter (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (3 ed., pp. 335–348). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00150-4>

Vallero, D. A. (2010). Environmental Risks of Biotechnologies: Economic Sector Perspectives. *Environmental Biotechnology: A Biosystems Approach* (pp. 443–490). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375089-1.10009-1>

Varotto, S., Tani, E., Abraham, E., Krugman, T., Kapazoglou, A., Melzer, R., Radanović, A., & Miladinović, D. (2020). Epigenetics: possible applications in climate-smart crop breeding. *Journal of Experimental Botany*, 71(17), 5223–5236. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa188>

Ventures, D. B. F. (2017). Digital farming attracts cash to agtech startups. *Nature Biotechnology*, 35(5), 397–398.

von Veltheim, F. R., & Heise, H. (2020). The AgTech Startup Perspective to Farmers Ex Ante Acceptance Process of Autonomous Field Robots. *Sustainability*, 12(24), 10570. <https://doi.org/10.3390/su122410570>

Waltz, E. (2017). Digital farming attracts cash to agtech startups. *Nature Biotechnology*, 35(5), 397–398. <https://doi.org/10.1038/nbt0517-397>

Wang, X., Lu, J., Fray, R., Grierson, G., Han, Y., & Chang, S. (2014). Plant genetic engineering and genetically modified crop breeding: history and current status. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 4(1), 5–27. <https://journal.hep.com.cn/fase>

Wu, F., Cao, L., Guo, S., & Zhang, J. (2020). *Design and application of 3D path planning model of agricultural automatic robot*. 2020 International Conference on Computer Information and Big Data Applications (CIBDA), 408–411.

Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

Yang, Y., & Hobbs, J. E. (2020). Supporters or opponents: will cultural values shape consumer acceptance of gene editing? *Journal of Food Products Marketing*, 26(1), 17–37. <https://doi.org/10.1080/10454446.2020.1715316>

Yu, L.P., Wu, F.Q., & Chen, G.Q. (2019). Next-Generation Industrial Biotechnology-Transforming the Current Industrial Biotechnology into Competitive Processes. *Biotechnology Journal*, 14(9), 1800437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/biot.201800437>

Zimdahl, R. L. (2022). *Agriculture's ethical horizon*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/agricultures-ethical-horizon/zimdahl/978-0-12-823667-3>



Fortalecimiento de las competencias comunicativas del aprendiz SENA-CEDEAGRO

Adriana Cepeda Pardo

Referencia: Cepeda, A. (2022) Fortalecimiento de las competencias comunicativas del aprendiz SENA-CEDEAGRO. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, (8), 46-58.

Resumen

Esta investigación aplicada surge de la necesidad de realizar un trabajo que responda a las demandas que persiguen los empleadores del sector productivo en relación con el desarrollo de habilidades blandas como las competencias comunicativas. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo fortalecer las competencias comunicativas e investigativas de los aprendices del Centro de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial CEDEAGRO- SENA. Para esto, se implementó una metodología cuantitativa de tipo estudio de caso a una muestra de 53 aprendices; el cual permitió concluir que, los participantes presentaban dificultades en habilidades de comunicación verbal y comprensión lectora, impidiéndoles transmitir una idea correctamente y comprender un texto; con la implementación de las diferentes actividades y talleres enfocadas al fortalecimiento de las habilidades de comunicación verbal, escritura y comprensión lectora, se logró obtener cambios positivos en el desenvolvimiento de los aprendices ante público, la escritura de un documento y la comprensión lectora.

Palabras clave: Competencias comunicativas, comunicación verbal, comprensión lectora, escritura, aprendices.

Introducción

Históricamente, la humanidad ha desarrollado la habilidad de comunicarse como una herramienta de vital importancia en el desarrollo social del mismo y una herramienta de adaptabilidad en el entorno. En relación, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA, 1976), refiere que la comunicación permite establecer una relación social entre los individuos, ya que cada vez que una persona manifiesta un pensamiento, gesticula o realiza una posición corporal ante una situación, está transmitiendo un mensaje ante un receptor.

Autores como Pascual (2006), refieren que la comunicación por naturaleza es compleja entre la gente, y esto se debe a que es un proceso multinivel en el que intervienen factores cognitivos, socioculturales, actitudinales y volitivos que influyen para la efectiva entrega de un mensaje entre los transmisores y receptores que participan en una conversación. En relación con lo anterior, Castro (2013), refiere que “un buen manejo de la comunicación oral en público nos garantizará que el mensaje que transmitimos sea entendido, comprendido y hasta guardado por el espectador” (p.5).

Por ello, se considera que la comunicación es una competencia fundamental del ser humano, como medio para establecer una relación, negociar o interpretar ideas entre las personas, exponer sentimientos íntimos, transmitir conocimientos y reforzar vínculos. De ahí que autores como Valle (2022), mencionan que, al hablar de competencia, “suponen integrar conocimientos, destrezas (habilidades) y actitudes para aplicar esa integración de forma práctica y creativa en la ejecución de una tarea” (párr. 4), en la que intervienen tres dimensiones: la cognitiva (conocimientos), ins-



trumental (destrezas) y la dimensión actitudinal (actitudes y valores). Asimismo, autores como Chiavenato (2007), afirma que cuando se habla de competencias, se hace referencia a las características fundamentales del hombre que influyen en el comportamiento o pensamiento, que están comprendidas principalmente por el saber, el saber hacer, el saber estar, el querer hacer y el poder hacer una tarea de manera eficiente.

Por otra parte, desde el ámbito laboral las competencias comunicativas se convierten en una habilidad fundamental para el desempeño del trabajador dentro de una organización, puesto que esta permite adaptarse a los diferentes entornos profesionales y favorecer el desarrollo de destrezas como el liderazgo, el manejo de conflictos, la capacidad de adaptación, la negociación y la proactividad (Argueta y Martel, 2014). En relación, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2020), refiere que en la actualidad “(...) los empleadores tienen en cuenta, de manera especial, las competencias laborales claves, como el comportamiento ético y las capacidades para comunicarse, trabajar en equipo y manejar recursos e información” (p.7); puesto que estas son habilidades que permiten el crecimiento de la organización en relación con el capital humano que estas poseen.

A partir del análisis del interés que tiene el entorno laboral para el desarrollo de habilidades blandas en los trabajadores, surge la necesidad de crear un estudio enfocado al fortalecimiento de las competencias comunicativas para los aprendices del Centro de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial – CEDEAGRO; comprendiendo que “(...) el enfoque de la educación basado en competencias es funcional para formar en las personas habilidades que son requeridas por el mercado del trabajo” (Rojas y Aguirre, 2015, p.204).

De este modo, para fortalecer las competencias comunicativas en los aprendices de CEDEAGRO, autores como Cisneros Rincón (2009) refiere que esta es una destreza que “implican un despliegue de las capacidades relacionadas con el uso del lenguaje, competencias lingüísticas, discursivas, pragmáticas, etc.” (p. 4). Competencias comprendidas en las habilidades de escucha, habla, lectura y escritura, ya que con estas destrezas las personas serán capaces de aplicarlas en diferentes contextos discursivos como: las exposiciones académicas, debates, presentaciones, entrevistas, asambleas, narraciones, reuniones, entre otros (Cisneros Rincón, 2009). Por consiguiente, para el fortalecimiento de las competencias comunicativas se debe trabajar en la comunicación verbal, comunicación escrita y la comprensión lectora de los aprendices.

Habilidades que también se esperan fortalecer a través de la creación de medios y/o escenarios que estimulen la apropiación de saberes, como lo son los semilleros de investigación, ya que como lo menciona González (como se citó en Rojas y Aguirre, 2015):

La formación en investigación busca trabajar las competencias que muchas veces no fueron fortalecidas por la educación básica y secundaria ayudando a que el profesional cuente con las habilidades que lo capacitan para desempeñarse en su rol ocupacional en el mercado de trabajo (p.203).

Adicionalmente, se considera que la implementación de un proyecto de investigación orientado al fortalecimiento de competencias comunicativas es fundamental dentro de CEDEAGRO, puesto que se ha identificado, a partir de diferentes actividades de oratoria (exposiciones) de la formación,



que los aprendices presentan bajos nivel en habilidades de habla, lectura y escritura para el nivel académico en el que se encuentran. Dificultades que tiene como consecuencias el inadecuado desenvolvimiento comunicativo de los aprendices en los diferentes escenarios de participación académica.

En relación a lo anterior, el objetivo del proyecto está enfocado a fortalecer las competencias comunicativas e investigativas de los aprendices de CEDEAGRO del SENA regional Boyacá; en el cual se espera generar en ellos un impacto positivo en torno al desempeño de su formación, fomentando un aprendizaje transversal que refleje el avance comunicativo para transferir ideas, defender posturas, explicar propuestas, dar a conocer puntos de vista, trabajar en equipo, argumentar y respetar la diferencias de pensamientos; como también el promover el desarrollo de habilidades para la puesta en marcha de un desempeño laboral exitoso enfocado a la productividad, innovación, mejora de procesos o tareas al interior de las empresas.

Metodología

Con el fin de responder a los objetivos planteados para este proyecto de investigación aplicada, se empleó la metodología cuantitativa; según lo menciona Fernandez y Baptista (2014), esta metodología “representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos” (p. 4).

Asimismo, este proyecto se orienta mediante el diseño de investigación de estudio de caso (caso-tipo), puesto que es una metodología de investigación que también puede ser aplicada a estudios cuantitativos, estando centrada en:

Estudiar cualquier unidad de un sistema, para estar en condiciones de conocer algunos problemas generales del mismo. Este tipo de investigación es apropiado en situaciones en las que se desea estudiar intensivamente características básicas, la situación actual, e interacciones con el medio de una o unas pocas unidades tales como individuos, grupos, instituciones o comunidades (Monje Álvarez, 2011, p.102).

Por consiguiente, para esta investigación se seleccionó una muestra de 53 aprendices de CEDEAGRO de los diferentes niveles de formación técnicos y tecnológicos que ofrece el centro. Para ello se realizó un muestreo voluntario, donde se convocó a los aprendices a través de las redes sociales del Centro de formación, comunicación con líderes estudiantiles, divulgación de E-Card y voz a voz para participar en la ejecución del proyecto.

Como variables de estudio se identificó: la comunicación verbal, la comunicación escrita y comprensión lectora, puesto que como lo menciona Cisneros Rincón (2009), son elementos claves para el fortalecimiento de las competencias comunicativas en los aprendices de CEDEAGRO. A partir de la identificación de estas variables se establecen las estrategias de talleres y ejercicios (mencionadas en la fase 3 del proceso metodológico) que contribuyen al fortalecimiento de las competencias comunicativas.

En cuanto a los instrumentos de recolección de información se implementó: un cuestionario de



escalamiento tipo Likert (múltiples opciones con única respuesta) adaptado de Pérez et al. (2019) y de su investigación denominada Desarrollo de la Competencia Comunicativa en Estudiantes de Bachillerato, para evaluar las habilidades de comunicación verbal previas y posteriores a la ejecución del proyecto; un cuestionario adaptado de Pérez Zorrilla (2005) de su estudio para evaluar habilidades previas de comprensión lectora; un taller para evaluar habilidades previas y posteriores de comunicación escrita; y finalmente, un taller para evaluar habilidades de comprensión lectora posteriores a la ejecución de la investigación.

Esta investigación aplicada se desarrolló en cinco fases metodológicas:

Fase 1, Diagnóstico de fenómeno de estudio. A través de diferentes acercamientos por medio de actividades de oratoria (exposiciones) con los aprendices se identificó que poseen deficiencias comunicativas en habilidades blandas de: comunicación verbal, escrita y de comprensión lectora.

Fase 2, Determinar el nivel de lectura, oralidad y escritura previa a la intervención con los aprendices participantes. A través de la aplicación del cuestionario de comunicación verbal adaptado de Pérez et al. (2019), el cuestionario de comprensión lectora adaptado de Pérez Zorrilla (2005), y un taller de comunicación escrita, se evaluaron las habilidades de comunicación verbal, comunicación escrita y comprensión lectora.

Fase 3, Implementación de estrategias (talleres y ejercicios) para el fortalecimiento de las competencias comunicativas. Para esta fase se realizó diferentes actividades en sesiones de dos horas una vez a la semana, en el cual los talleres y ejercicios que se ejecutaron fueron: la identificación de las cualidades de la comunicación oral, lectura y escrita; técnicas y estrategias de comunicación oral, escrita y de lectura; elementos de la planeación de la comunicación; elementos intelectuales y didácticos de la comunicación escrita; tipología de la intervención oral; y ejercicios para la apropiación de estrategias de la comunicación oral.

Fase 4, Identificar la eficacia de la implementación de estrategias para el fortalecimiento de las competencias comunicativas de los aprendices CEDEAGRO. Para esta fase se aplicó nuevamente los diferentes instrumentos de recolección de información para la valoración de percepción de cambio de la habilidad de comunicación verbal, comunicación escrita y comprensión lectora trabajadas durante la fase 3 del proyecto.

Fase 5, Divulgación de resultados para dar a conocer la importancia del desarrollo de habilidades blandas en el ámbito educativo y laboral a través del uso de herramientas TIC, para llegar a los aprendices del centro de formación objeto de estudio y demás centros del SENA.

Cabe mencionar que esta investigación aplicada se ejecutó en el año 2020, año en que surgió la contingencia sanitaria por el virus Coronavirus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19; por consiguiente, la selección de la muestra y desarrollo de la fase metodológica del proyecto se llevó a cabo de manera virtual, para ello se adaptó la aplicación de los instrumentos y desarrollo de las actividades (talleres y ejercicios) para el fortalecimiento de las competencias comunicativas con el uso de herramientas TIC con las que cuenta la institución.



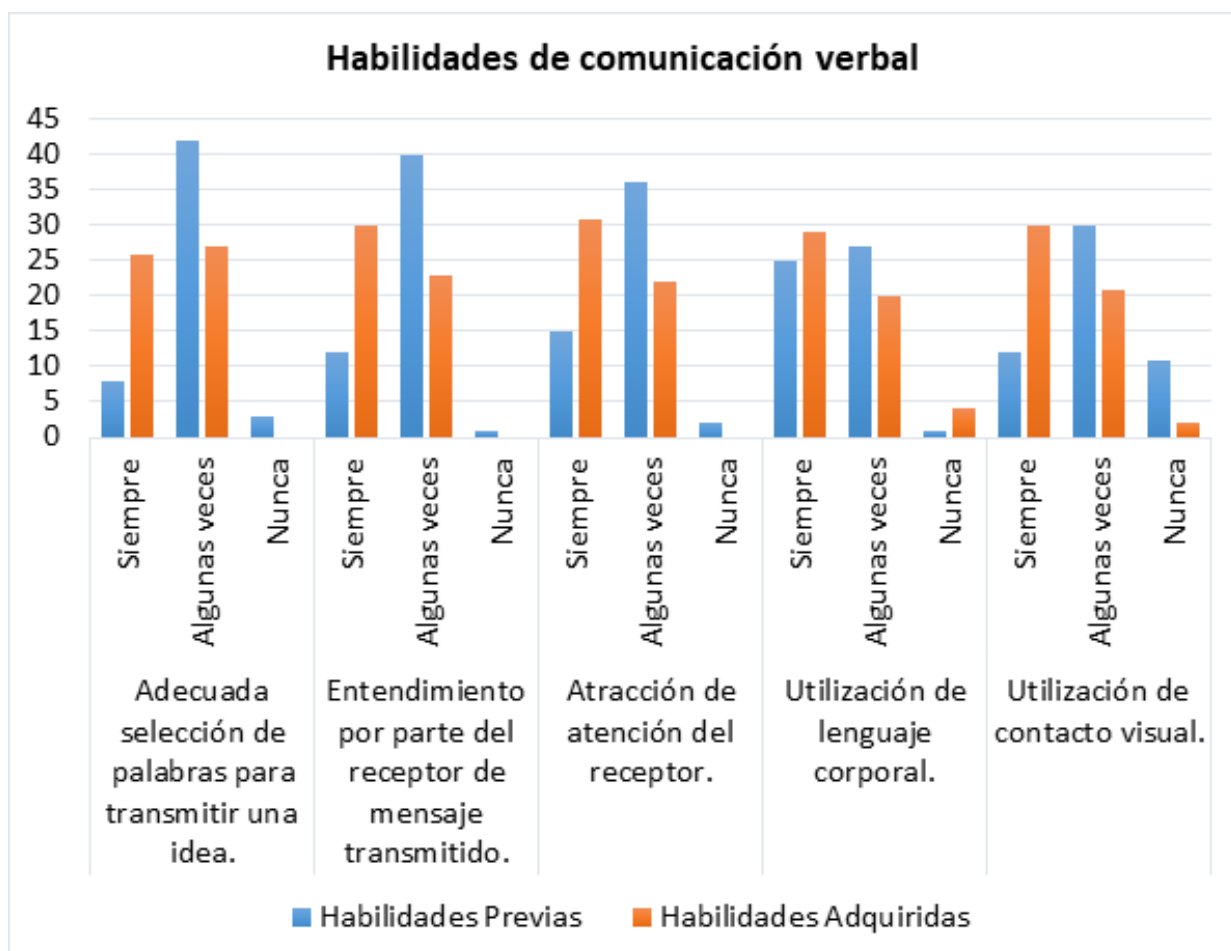
Resultados y discusión

Análisis de las habilidades de comunicación verbal

Este análisis se realizó en dos etapas; la primera etapa está comprendida por el reconocimiento de habilidades de comunicación verbal previas a la intervención del proyecto con los aprendices de CEDEAGRO, en la que se evaluó a través de un cuestionario de escalamiento tipo Likert, la percepción del nivel de habilidad verbal que poseen. La segunda etapa, estuvo conformada por la aplicación de un cuestionario de escalamiento tipo Likert de las habilidades de comunicación verbal adquiridas a través de los diferentes talleres y actividades virtuales aplicados para el fortalecimiento de las competencias comunicativas en los aprendices, véase la **Figura 1**.

Figura 1

Análisis de habilidad de comunicación verbal de los aprendices SENA-CEDEAGRO.



Nota. Autoría propia, 2022

Con respecto al análisis de las habilidades de comunicación verbal previas de los aprendices, se

identificó la destreza que estos poseían para la producción o emisión de un mensaje, en donde el 84,91% de los participantes afirmaban que algunas veces o nunca conseguían transmitir el mensaje como ellos querían, debido a que no lograban seleccionar las palabras adecuadas; por otra parte, el 15,09% de los participantes refirieron que siempre lograban transmitir su mensaje de la forma deseada.

Una vez realizada la intervención de la fase 3, se observó que el 49,06% de los aprendices presentaron cambios significativos y el 50,94% de ellos percibieron algunos cambios positivos en la forma en cómo transmiten el mensaje, ya que como refieren Sanchez y Brito (2015), el “lenguaje es el medio gracias al cual interactúa la gente. La capacidad de hablar y entender lo que otros dicen, se produce sólo por la existencia de esos otros organismos que completan la equivalencia” (p.124).

Por otra parte, el 77,36 % de los aprendices participantes consideraban que algunas veces o nunca lograban transmitir el mensaje adecuado para que el receptor comprendiera el comunicado; mientras que, solo el 22,64% de los aprendices refirieron que el comunicado que transmitían era comprendido por el receptor. Una vez intervenidos los aprendices, el 56,60% afirmaron obtener un cambio significativo y el 43,40%, observaron algunos cambios favorables en su habilidad de comunicación verbal para que el receptor comprendiera el mensaje correctamente.

En cuanto a la habilidad previa de comunicación no verbal de los aprendices, se observó que el 47,17% de los participantes eran conscientes de la importancia de tener fluidez corporal durante una conversación; mientras que 52,83% refirieron que algunas veces o nunca tendieron a mover su cuerpo mientras hablaban. En concordancia, el 77,35% de los participantes refirieron que mientras hablaban, algunas veces o nunca mantuvieron contacto visual con el receptor y solo el 22,64% lograron mantener el contacto visual durante una conversación. En relación a lo anterior, autores como Pizarro y Oseda (2021), refieren que la implementación del lenguaje corporal o comunicación no verbal durante la elaboración de un mensaje es un factor fundamental en el proceso de transmisión, ya que este contiene emociones que brindan una connotación real.

Una vez realizados los talleres y actividades para el fortalecimiento de las competencias comunicativas no verbales, se identificó que el 54,72% de los participantes refieren tener cambios significativos y solo el 7,55% de ellos afirmaban no haber obtenido cambios en el desenvolvimiento de su postura corporal al momento de transmitir una información. En relación con el contacto visual durante una conversación, el 56,60% de los aprendices determinaron que obtuvieron cambios significativos y el 39,62% observaron algunos cambios en el manejo del contacto visual durante una conversación.

En relación a los resultados obtenidos previos a la aplicación de las actividades y talleres enfocados al fortalecimiento de la comunicación verbal de los aprendices, autores como Sánchez y Brito (2015) permiten reafirmar que es común que en el ámbito estudiantil se presenten deficiencias en habilidades verbales, afirmando que los principales errores que se encuentran en los estudiantes son el uso excesivo de muletillas, la incoherencia verbal y la ausencia de destreza para el manejo de un público. En concordancia, Argueta y Martel (2014), refieren que el desarrollo de las habilidades de comunicación verbal en los estudiantes es relevante para el futuro del progreso de un trabajador en una organización, ya que se considera que la comunicación es un recurso activo que se debe



gestionar y desarrollar constantemente en el capital humano del sector productivo.

Análisis de habilidades de comunicación escrita

Para la identificación de las habilidades previas y adquiridas de comunicación escrita de los aprendices CEDEAGRO, se implementó talleres virtuales el cual los participantes debían realizar un texto dando a conocer el punto de vista que poseen en torno a una temática de interés general. Una vez realizado esto, se procedió a realizar el análisis de los textos en relación con la identificación de cuatro patrones principalmente: manejo de signos de puntuación, ortografía, coherencia en el desarrollo de ideas, estructuración del fragmento (introducción, desarrollo y conclusión).

Dentro de los resultados obtenidos con respecto a las habilidades previas de comunicación escrita, se identificó que las principales fallas en la producción de un texto elaborado por los aprendices CEDEAGRO están orientadas a errores ortográficos y el manejo inadecuado de signos de puntuación, lo que genera ausencia de coherencia de transmisión de ideas e interpretación ambigua de los fragmentos escritos. Estos resultados indican que, a los participantes se les dificulta el trasladar sus pensamientos a través de la comunicación escrita a causa de deficiencias en estructuración de un documento, más no del contenido.

Sanchez y Brito (2015), establece que las deficiencias que se evidencian en el entorno educativo se deben principalmente a que “en la educación superior la escritura académica se exige, pero no se enseña, suponiendo que es una habilidad general aprendida en primaria y bachillerato” (p.120); por consiguiente, son habilidades que no se enseñan en los aprendices sino se dan por previamente adquiridas. Es por esto, que durante la aplicación de este proyecto se planificaron talleres acordes al reforzamiento de la destreza de comunicación escrita a través de dinámicas tales como Técnicas y estrategias de comunicación escrita, Elementos de la planeación de la comunicación escrita y Elementos intelectuales y didácticos de la comunicación escrita, que se trabajaron virtualmente con los participantes.

De este modo, una vez aplicados los talleres/estrategias de intervención para el fortalecimiento de las competencias comunicativas de escritura en los aprendices, se procedió a analizar el desarrollo de las habilidades adquiridas a través una actividad, en el que los participantes debían realizar un texto transmitiendo su pensamiento, en relación a una temática de interés general, en que cumplieran con todas las características o dinámicas que fueron impartidas en el transcurso de ejecución del proyecto y que cumpliera con características mínimas tales como: introducción, desarrollo, desenlace de la idea, uso apropiado de signos de puntuación y buena ortografía.

Dentro del análisis realizado en los diferentes fragmentos escritos de los aprendices, se determina que las prácticas ejecutadas en los diferentes talleres de comunicación escrita fueron interiorizados en su gran mayoría; ya que en los textos entregados, posterior a la intervención, se refleja una coherencia en la transmisión de ideas, correcto uso de signos de puntuación para dar la connotación deseada por el autor, implementación de técnicas de escritura para captar la idea del lector y estructuración correcta de párrafos y textos.

Estos resultados permiten denotar la importancia que tiene el fortalecimiento de habilidades de



escritura en los aprendices, como estrategia para el crecimiento de destrezas indispensables para el desarrollo académico y profesional, ya que como lo menciona Cisneros Rincón (2009):

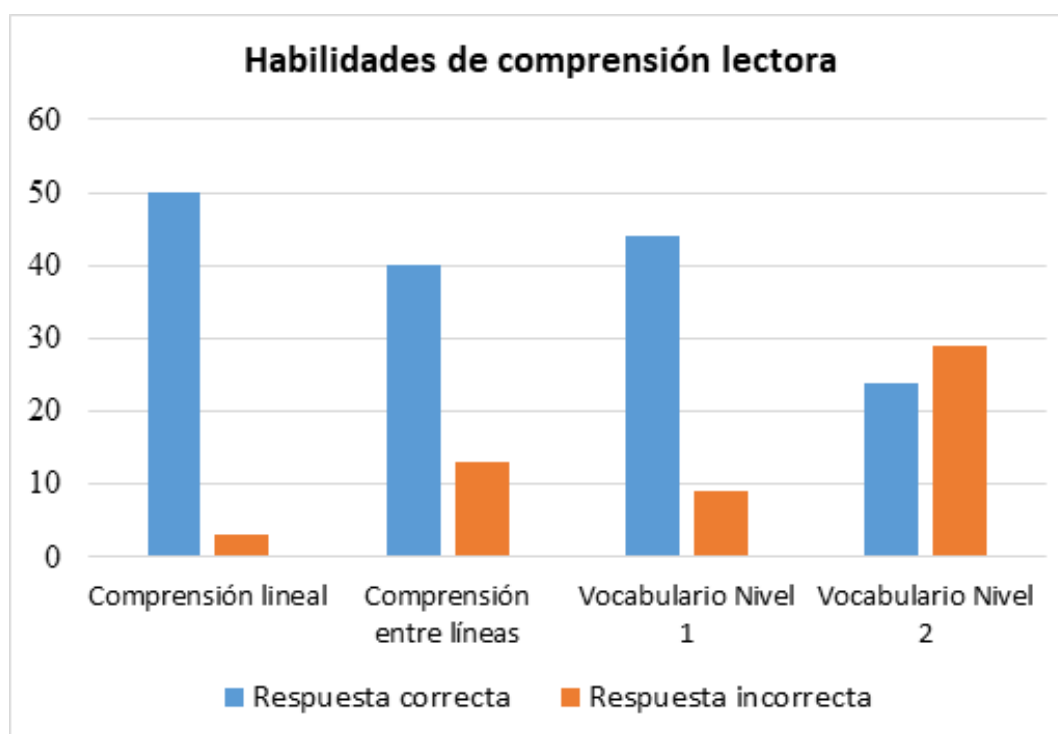
La competencia textual, referida al desarrollo de capacidades para comprender y producir textos es fundamental para todas las personas, en especial para los profesionales, pues gran cantidad de procesos relativos a las empresas e instituciones, tienen que ver, bien con la lectura (manuales de instrucciones, de procedimientos, etcétera), o con la escritura de todo tipo de textos (informes, cartas, proyectos, actas, protocolos, manuales, etcétera). (p.50).

Análisis de habilidades de comprensión lectora

Finalmente, para esta fase de análisis de las habilidades previas de la comprensión lectora de los aprendices CEDEAGRO, se aplicó el cuestionario adaptado de Pérez Zorrilla (2005), con el objetivo de identificar las destrezas de los participantes entorno la comprensión del texto con relación a los componentes de: comprensión lineal, interpretación lectora (entendiéndose como la apropiación del tema para generar una nueva conclusión o pensamiento) y vocabulario. Dentro del cuestionario aplicado virtualmente, los aprendices debían leer un fragmento literario y proceder a responder una serie de ítems de única respuesta con múltiples opciones, en donde debían identificar el tema principal del texto, la interacción de personajes, el análisis de la situación y realizar ejercicios de sustitución de palabras y asignación de definiciones, véase la **Figura 2**.

Figura 2

Análisis de habilidad previa de comprensión lectora de los aprendices SENA-CEDEAGRO.



Nota. Autoría propia, 2022



De este modo, dentro de los resultados obtenidos del análisis de habilidades previas de comprensión de lectura a nivel lineal, se determina que el 94,34% de los aprendices respondieron correctamente y tan solo el 5,7% respondió incorrectamente a esta actividad; estos resultados permitieron establecer que los participantes no presentaron dificultades para comprender un texto a nivel lineal, en la medida que lograron identificar el contexto de un documento y generar la idea principal del mismo. En cuanto a la habilidad de comprensión lectora entre líneas, se determinó que el 75,47% de los participantes respondieron correctamente; esto quiere decir que del 94,34% de los aprendices que respondieron correctamente a la prueba de comprensión lineal, tan solo el 18,87% de los aprendices realmente lograron realizar un proceso cognoscitivo adecuado para la interpretación profunda del texto.

En relación, autores como Cano (como se citó en Guevara y Guerra, 2013) refieren que comúnmente “los alumnos utilizan estrategias superficiales de aprendizaje cuando se centra en los detalles del texto, los memorizan y los reproducen de forma exacta” (p.328), lo que conlleva a una escasa comprensión del texto; mientras que “los alumnos que buscan el significado de las palabras que no entienden, integran lo que están leyendo con su experiencia personal, relacionan lo leído con las conclusiones y se orientan al significado de lo que están leyendo” (Cano [como se citó en Guevara y Guerra, 2013, p.328]), está utilizando estrategias reales de comprensión de un texto, lo que les permite ser capaces de extraer la idea principal de un texto y adquirir nuevos conocimientos.

Por otro lado, dentro de la identificación de la habilidad previa de comprensión lectora, se evaluó la habilidad de evocar vocabulario para generar una comprensión total de un texto. Dentro de los resultados se identificó que en la Prueba de vocabulario Nivel 1 (Figura 2), el 83,02% de la muestra respondió adecuadamente, mientras que el 16,98% no logró identificar las palabras. En cuanto a la Prueba de vocabulario Nivel 2, tan solo el 45,28% de las personas respondieron correctamente y el 54,72% contestó incorrectamente; esto lleva a establecer que, si bien los participantes poseen habilidad para evocar vocabulario, este se encuentra en un nivel medio, por lo tanto, si no reconoce las palabras dentro de un texto, presentará mayor dificultad para generar una comprensión de lectura entre líneas; debido a que no desarrollan una lectura crítica que les permite cuestionar lo leído, interiorizar los conceptos nuevos y relacionar conocimientos previos con el texto para generar mayor comprensión (Brito Ramos, 2020).

Ahora bien, en cuanto a las habilidades adquiridas de comprensión lectora, una vez aplicados los diferentes talleres y actividades, se evaluó el desarrollo de esta destreza de comprensión lectora “entre líneas” a través de una actividad en la que los aprendices debían leer un fragmento de un texto y realizar un análisis con respecto a lo que piensan del tema.

Dentro de los resultados encontrados se determinó que, en su mayoría, los aprendices adquieren un aprendizaje significativo en torno a la implementación de estrategias para la comprensión lectora, ya que lograron realizar un análisis e interpretación aguda de un documento, en el cual logran extraer la idea principal del fragmento a través de un proceso introspectivo y cognitivo de reconstrucción de concepto a partir de sus propios conocimientos, experiencias y lectura referente al tema para dar un punto de vista o argumento a favor o en contra del tema abordado.



Conclusiones

A partir de la ejecución del proyecto orientado al fortalecimiento de las competencias comunicativas de los aprendices CEDEAGRO, se logró concluir que:

Dentro del análisis de las habilidades previas de los participantes de estudio, se observó que la habilidad de mayor dificultad es la comunicación verbal, deficiencia que surge principalmente de dificultades que existen al transmitir una idea (lo que no implica que no posee la destreza o conocimiento necesario), el lograr atraer la atención de sus receptores y no mantener contacto visual durante una conversación.

La segunda habilidad de comunicación que se observa altos niveles de dificultad para los aprendices, es la comprensión de lectura, pues se logró identificar que, si bien, comprenden un texto de manera lineal (Superficial), la mayoría no realizan un proceso superior de análisis de interpretación de un texto y por lo tanto no hay un proceso deductivo y de asimilación de un documento, lo que impide obtener un aprendizaje significativo; es decir, un aprendizaje que le permita al aprendiz almacenar el nuevo conocimiento, transformarlo y unirlo a sus conocimientos previos para ponerlos en práctica según los contextos que lo requieran.

Por otra parte, en cuanto a las habilidades previas de los aprendices en el ámbito de la escritura, se identifica que los participantes presentan dificultades en dos áreas fundamentales, la ortografía y la asignación de signos de puntuación, dificultad que impide que se le otorgue la connotación y significado deseados a los textos que se elaboren, causando incongruencia en la conectividad de ideas de un documento.

De este modo, una vez identificado el nivel de competencias comunicativas de los aprendices CEDEAGRO, se orientó la implementación de los talleres a reforzar principalmente cada una de las falencias encontradas, obteniendo como resultado cambios significativos en el desempeño de comunicación de los participantes. Esto se determina debido a que los participantes adquirieron nuevas habilidades e interiorizaron el aprendizaje impartido, puesto que se evidenció: aumento de destreza para transmitir un mensaje de forma adecuada, aumento de habilidades para llegar a un público, generar impacto dentro de una conversación, estructurar un documento llamativo para el lector y el realizar un análisis cognoscitivo de los textos logrando extraer el conocimiento nuevo con el ya adquirido y así generar una nueva idea o concepto con respecto a la lectura realizada.

Finalmente, con la ejecución de este proyecto orientado a fortalecer las competencias comunicativas de los aprendices a través de las habilidades verbales, escritas y comprensión lectora, se demostró la importancia de trabajar en el desarrollo de destrezas que estén orientadas a potenciar al ser humano, por consiguiente se espera que CEDEAGRO regional Boyacá brinde nuevos espacios para generar dinámicas enfocadas a fortalecer diferentes habilidades blandas en los aprendices, con el objetivo de formar cada vez más a personas capacitadas y competentes ante el sector productivo ya que en este en la actualidad apunta a la innovación de la gestión por competencias.



Referencias

Argueta, J., y Martel, J. (2017). ¿Es la comunicación en la empresa una competencia que debe desarrollarse? *Revista Economía y Administración (E&A)*, 5(1), 15-53. https://www.researchgate.net/publication/317715348_Es_la_comunicacion_en_la_empresa_una_competencia_que_debe_desarrollarse

Brito Ramos Y. (2020). La lectura crítica como método para el desarrollo de competencias en la comprensión de textos. *Revista Educare*, 24(3), p.243-264. <https://revistas.investigacion-upe-lipb.com/index.php/educare/article/view/1358/1347>

Castro, A. (2013). *Comunicación oral: Técnicas y estrategias*. Universidad del Norte. https://books.google.com.co/books?id=fy6VBAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. Los Ángeles, Estados Unidos: MacGraw-Hill. https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/administracion_de_recursos_humanos_-_chiavenato.pdf

Cisneros Rincón, C. (2009). *Competencias comunicativas*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://es.calameo.com/read/00099589507d5074a5de1>

Fernández, S. R., y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación, Sexta Edición*. Editorial McGraw-Hill Education. <https://drive.google.com/file/d/1Fjufmi0oGY4Zs8EajFiAJYNT2qoe-ch4k/view>

Guevara, B. Y., y Guerra, G. J. (2013). La comprensión lectora como competencias genéricas. *Revista electrónica de psicología Iztacala*, 16(2), p. 319-339. <http://revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/39950>

Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2020). *Articulación de la educación con el mundo productivo. Competencias laborales generales*. https://www.mineduacion.gov.co/1621/articulos-106706_archivo_pdf.pdf

Monje Álvarez, A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-latina-de-costa-rica/sociologia/monjecarlos-arturo-guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion/4621585>

Pascual, M. R. (2006). *Fundamentos de la comunicación humana*. Editorial Club Universitario. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=ECXX3haWfvQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=comunicaci%C3%B3n+humana&ots=xzqiaFq5Ky&sig=JDlvjyjk6j3XWjNtC6TkQH6pCICU&redir_esc=y#v=onepage&q=comunicaci%C3%B3n%20humana&f=false



Pérez Zorrilla, M. J. (2005). Evaluación de la comprensión lectora: dificultades y limitaciones. *Revista de Educación*, 121-138. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/68785/00820073007081.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, M., Quijano, R. y García, I. (2019). Desarrollo de la competencia comunicativa en estudiantes de bachillerato. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 7(1), 1-9. https://www.researchgate.net/profile/Inmaculada-Garcia-Martinez/publication/331043989_DESARROLLO_DE_LA_COMPETENCIA_COMUNICATIVA_EN_ESTUDIANTES_DE_BACHILLERATO/links/5c62cacc45851582c3e2a92e/DESARROLLO-DE-LA-COMPETENCIA-COMUNICATIVA-EN-ESTUDIANTES-DE-BACHILLERATO.pdf

Pizarro, M. M., y Oseda, G. D. (2021). Influencia de la comunicación no verbal en las relaciones interpersonales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 1881-1894. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/591/750>

Rojas, C., y Aguirre, S. (2015). La formación investigativa en la educación superior en América Latina y el Caribe: una aproximación a su estado del arte. *Eleuthera*, 12(1), 197-222. doi: 10.17151/elev.2015.12.11

Sánchez, J. M. y Brito, N. E. (2015). Desarrollo de competencias comunicativas mediante la lectura crítica, escritura creativa y expresión oral. *Encuentros*, 13(2), 117- 141. <http://dx.doi.org/10.15665/re.v13i2.502>

Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. (1976). *Técnicas de Comunicación “Expresión Oral” Unidad No. 6*. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5156/4457_expresion_oral.pdf;jsessionid=2ADA7A95A67BFFD59C20E2DAF250B50F?sequence=1

Valle, J. (2022). *La competencia como desempeño*. https://formacion.intef.es/pluginfile.php/119013/mod_imsdp/content/6/131_la_competencia_como_desempeo.html#:~:text=Una%20competencia%20es%20un%20desempe%C3%B1o,el%20desempe%C3%B1o%20de%20la%20competencia





Revista Encuentro SENNOVA del
Oriente Antioqueño
Volumen 8

**Centro de la Innovación la
Agroindustria y la Aviación (CIAA)**

Rionegro-Antioquia, Colombia
Diciembre del 2022



@SENAComunica
www.sena.edu.co