

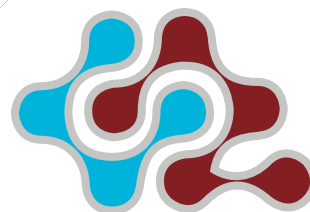
Complejidad

Capacitación

AI

Juego

Tecnologías  
Construcción



# CIENCIA EN REVOLUCIÓN

ISSN: 2610-8216

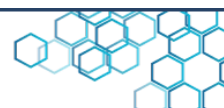
Depósito Legal: MI2019000004

Volumen 10, número 27, (enero-junio, 2024)



Mincyt  
para Ciencia y Tecnología











CIENCIA EN REVOLUCIÓN



Ciencia en Revolución, Vol. 10, N° 27, (enero-junio, 2024)

ISSN-e: 2610-8216

Depósito legal: MI2019000004

Revista arbitrada e indizada en: Revenicyt ; Academic Resource Index ; Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico ; Directorio de Latindex ; pendiente de clasificación en Latindex Catálogo 2.0; AmeliCA ; AURA ; SHERPA/ROMEO ; disponible en ; firmante de DORA  y de la iniciativa Helsinki .

## CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Órgano de divulgación científica, tecnológica y social.

Su propósito es la difusión y apoyo a las investigaciones, así como de las actividades académicas.

### Editor(a) Jefe

Lcda. Mattdign Medina

Presidencia

Centro Nacional de Tecnología Química, Venezuela

e-mail: presidencia.cntq@gmail.com

### Editor(a) Ejecutiva

Sección Ciencia y Comunidad

Lcda. Dayana Arreaza

Gerencia AAI

Centro Nacional de Tecnología Química

e-mail: darreaza.cntq@gmail.com

### Editor Asociado

MSc. Héctor Rodríguez

Gerencia CTMP

Centro Nacional de Tecnología Química

e-mail: hrodriguez.cntq@gmail.com

### Junta Editorial

Dr. Marcos Rosa-Brussin

Universidad Central de Venezuela

e-mail: marcos.rosa@ciens.ucv.ve

Dr. Ángel Almarza

Universidad de Carabobo Venezuela

e-mail: adalmarza@gmail.com

Dr. Germán Siegert Carrasquel

Universidad Central de Venezuela

e-mail: gersiegert@hotmail.com

MSc. César Alejandro Basanta

Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo

Venezuela

Dr. José Gregorio Biomorgi

Universidad Central de Venezuela

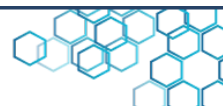
Venezuela

### Apoyo Técnico

MSc. Rosana Sánchez

Web master y Revisora: Lcda. María Laura Chona

Portada, Diagramación y diseño de plantilla: Lcdo. Alejandro Campero



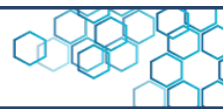
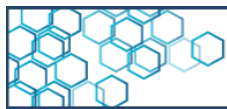
Ciencia en Revolución, Vol. 10, N° 27, (enero-junio, 2024)

# Ciencia en Revolución



**CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA  
CNTQ**

Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, sector noreste,  
Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Galpón N°1,  
La Carlota, Caracas, Venezuela.



# **CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA**

## **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

### **Manufactura y Valorización de la Materia Prima Nacional**

Lcda. Nilia Fuenmayor

Coordinadora

e-mail: [nfuenmayor.cntq@gmail.com](mailto:nfuenmayor.cntq@gmail.com)

### **Sistemas de Gestión de la Calidad**

MSc. Jenny De Almeida

Coordinadora

e-mail: [jdealmeida.cntq@gmail.com](mailto:jdealmeida.cntq@gmail.com)

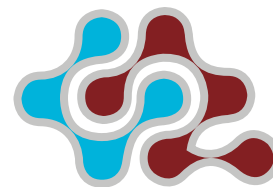
### **Energía y Ambiente**

Ing. Yvelit Guerrero

Coordinadora

e-mail: [yguerrero.cntq@gmail.com](mailto:yguerrero.cntq@gmail.com)





CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)

09

### Editorial

Mattdign Medina

## Ciencia y Tecnología

11

Estado del arte

### Uso de finos de pella en la industria siderúrgica venezolana: Estado del arte

Use of pellet fines in the Venezuelan steel industry: State of the art

*Bernardo Leal*

50

Artículo de investigación

### Comportamiento eléctrico del coque de petróleo

Petroleum coke electrical behavior

*María Specht*

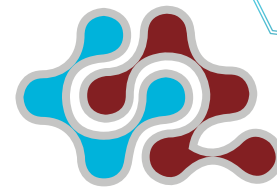
77

Artículo de divulgación

### Diseño y construcción de trampa de luz para palometas peludas

Design and construction of a light trap for *Hylesia metabus*

*Orlando Villarroel*



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)

### 91

Artículo de divulgación

**Estudio preliminar de la abundancia poblacional de *Hippocampus spp.* en hábitats naturales de la bahía de Turpialito, estado Sucre.**

Preliminary study of the population abundance of *Hippocampus spp.* in natural habitats of Turpialito Bay, Sucre state.

Mariela Cova

### 111

Artículo de investigación

**Formulación de una bebida saborizada a base de colágeno hidrolizado y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)**

Formulation of a flavored drink based on hydrolyzed collagen and hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Leidimar Hernández

## Ciencia y Comunidad

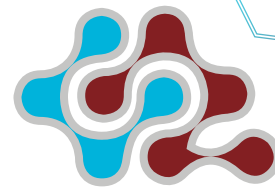
### 133

Revisión bibliométrica

**Necesidades en competencias blandas ante tiempos complejos**

Needs in Soft Skills to Face Complex Times: a Bibliometric Study

Héctor Rodríguez-Molina



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

## Contenido General (Index)

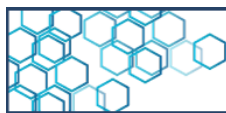
### 206

Artículo de divulgación

**Liderazgo femenino en la ciencia y tecnología no es producto de azar**

Female Leadership in Science and Technology is not a Product of Chance

*Isabel Hernández*



## Editorial

DOI: 10.5281/zenodo.13305639

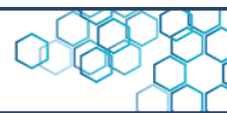
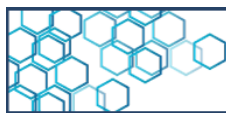
En esta nueva entrega de la revista Ciencia en Revolución, en su ejemplar volumen diez (10), número veintisiete (27), correspondiente a la edición enero – junio del 2024, continuamos firme en nuestro propósito de motivar la difusión de los conocimientos, resultados e investigaciones en materia de ciencia y tecnología, haciéndolos accesibles y visibles a la comunidad científica, con el fin de promover la diversidad de conocimientos y el reconocimiento de sistemas alternativos de generación de conocimiento, aportando soluciones con principios éticos, desde la racionalidad de la vida.

Para ello, el cuerpo editorial de la revista asume con un sentido de responsabilidad y dedicación la labor de velar por la periodicidad en sus publicaciones, garantizar la calidad de los artículos para asegurar la accesibilidad, visibilidad y heterogeneidad de manera expedita, con el fin de unir esfuerzos para ayudar a romper con el problema de fondo, la desigualdad mundial en la generación del conocimiento.

En este orden de ideas, la edición inicia con la sección ciencia y tecnología, abordando el sector siderúrgico con un estado del arte y un artículo de investigación. En primera instancia, Bernardo Leal, nos presenta un estado del arte sobre el uso de finos de pella en la industria siderúrgica venezolana, producto de la revisión bibliográfica de trabajos académicos y patentes, en donde identifica diez usos alternativos de los finos de pellas y otros subproductos de la industria siderúrgica. Seguidamente, María Specht, nos presenta un artículo de investigación sobre las propiedades eléctricas del coque de petróleo venezolano, comparando: el coque de petróleo venezolano verde, antes de calcinar; el coque de petróleo calcinado procesado en hornos de cocción estáticos; el coque de petróleo importado y el coque comercial nacional que se usa en sistemas de protección catódica. El estudio contribuye a desarrollar una metodología de evaluación sistemática del coque de petróleo para su utilización como rellenos en camas de ánodos, para su aplicación en la protección catódica por corriente impresa.

Posteriormente, la edición continua con dos artículos de divulgación; en el primero, Orlando Villarroel, nos presentan el diseño y construcción de trampa de luz para palometas peludas (*Hylesia metabus*), el cual nos muestra un diseño de una alternativa eficiente para solventar los problemas que ocasiona esta especie a la salud humana, preservando el ambiente,





brindando tranquilidad y una mejor calidad de vida a los humanos. En el segundo artículo, Mariela Cova y colaboradores nos presentan un estudio preliminar de la abundancia poblacional de *Hippocampus spp.* en cuatro hábitats naturales de la bahía de Turpialito del estado Sucre, Venezuela. El estudio nos aporta información sobre la abundancia de las dos especies reportadas en Venezuela, considerando que estos peces teleósteos marinos se encuentran amenazados de extinción, debido a factores naturales y la influencia antrópica que está causando la degradación de sus hábitats naturales.

La sección de ciencia y tecnología cierra con el artículo de investigación de Leidimar Hernández y colaboradores, en el cual formulan una bebida saborizada a base de colágeno hidrolizado y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con características sensoriales como el color, sabor, textura y aroma, que agradaron a un alto porcentaje de la población estudiada.

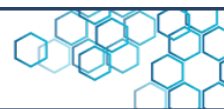
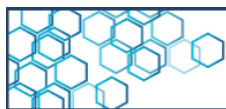
Finalmente, la edición cierra con dos documentos en la sección de ciencia y comunidad. Héctor Rodríguez-Molina aborda las competencias blandas requeridas para el transitar exitoso durante estos tiempos complejos, dinámicos e inclusivos, definidos como VICA2, mediante una revisión bibliométrica, evaluando las nuevas perspectivas que surgen en cuanto a las competencias blandas, identificando cuáles de ellas resultan clave y las posibles oportunidades tecnológicas para su capacitación y formación. Isabel Hernández mediante un artículo de divulgación nos brinda una visión sobre el liderazgo femenino en la ciencia y tecnología en Venezuela, como ejemplo de una política clara para la incorporación de las mujeres en la creación y desarrollo de conocimiento.

Nos despedimos reiterando nuestro compromiso de servir como ventana para mostrar con orgullo a Venezuela y al mundo, los avances en materia de ciencia y tecnología.

Finalmente, extendemos la invitación a todos los autores fuera y dentro de nuestras fronteras, a publicar y continuar fortaleciendo el área científico-tecnológica y social.


MSc. Mattdign Medina

Editora – Jefe



Estado del arte

## Uso de finos de pella en la industria siderúrgica venezolana.

Bernardo Leal<sup>1,2</sup> 

**1** Coordinación de Manufactura y Valoración de la Materia Prima, Gerencia de Proyectos I+D+i, Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), Caracas, Venezuela. **2** Departamento de Ciencias Básicas, Vicerrectorado “Luis Caballero Mejías”, Universidad Nacional Politécnica “Antonio José de Sucre”, Caracas, Venezuela.

### Resumen

Existe una gran variedad de subproductos de la industria siderúrgica, cuando el diámetro de los mismos es menor a 100 mesh, llevan el nombre de finos. Entre los subproductos que presentan esta característica se tiene: finos de pella, escamas, finos de casas de humo, glóbulos féreos, entre otros. Estos finos están compuestos principalmente por hierro. Sin embargo, una gran proporción de ellos no están siendo utilizados, generando pérdidas económicas, al no ser usado el hierro presente en ellos, y problemas ambientales, ya que hay grandes acumulaciones de estos subproductos. El presente estado del arte, tiene como objetivo determinar posibles usos alternativos de los finos generados en la industria siderúrgica. Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica en trabajos académicos y patentes. Se identificaron diez (10) usos alternativos de los finos de pellas y otros subproductos de la industria siderúrgica: pellas frías, pellas fundidas, briquetas para aglomerar finos, sinterizado compuesto de pellas, pellas de material reciclado, sinterizado de material reciclado, mezcla con minerales que contengan otros metales distintos al hierro, usos de finos directamente, micrometalurgia y modificadores de escoria. Adicionalmente, se evaluó la factibilidad de aplicar alguna de estas alternativas en la industria siderúrgica venezolana.

**Palabras clave:** aglomerados, aprovechamiento de subproductos, finos de pella, subproductos tamaño fino, siderúrgica venezolana.



**Recibido:** 26 de marzo, 2024

**Aceptado:** 10 de julio 2024

**Publicado:** 6 de marzo del 2025

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

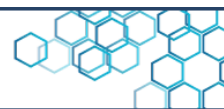
**DOI:** 10.5281/zenodo.13305736

**\*Autor para correspondencia:**

Bernardo Leal


**e-mail:**

[bleal.cntq@gmail.com](mailto:bleal.cntq@gmail.com)



Review

## Use of pellet fines in the Venezuelan steel industry: State of the art

Bernardo Leal<sup>1,2</sup> 

**1** Coordinación de Manufactura y Valoración de la Materia Prima, Gerencia de Proyectos I+D+i, Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), Caracas, Venezuela. **2** Departamento de Ciencias Básicas, Vicerrectorado “Luis Caballero Mejías”, Universidad Nacional Politécnica “Antonio José de Sucre”, Caracas, Venezuela.



### Abstract

There is a wide variety of by-products from the steel industry, when their diameter is less than 100 mesh, they are called fines. Among the by-products that present this characteristic are: pellet fines, mill scale, smoke house fines, ferrous globules, among others. These fines are mainly composed of iron. However, a large proportion of them are not being used, generating economic losses, as the iron present in them is not used, and environmental problems, since there are large accumulations of these byproducts. The present state of the art aims to determine possible alternative uses of the fines generated in the steel industry. For this purpose, a bibliographic search was carried out in academic works and patents. Ten (10) alternative uses of pellet fines and other by-products of the steel industry were identified: cold pellets, molten pellets, briquettes to agglomerate fines, sintered composite pellets, pellets of recycled material, sintered of recycled material, mixture with minerals containing metals other than iron, uses of fines directly, micrometallurgy and slag modifiers. Additionally, the feasibility of applying any of these alternatives in the Venezuelan steel industry was evaluated.

**Keywords:** agglomerates, fine size by-products, pellet fines, use of by-products, Venezuelan steel industries.

**Received:** march 26, 2024

**Accepted:** July 10, 2024

**Published:** March 6, 2025

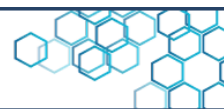
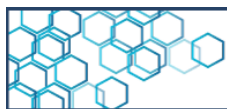
**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

**DOI:** 10.5281/zenodo.13305736

**\*Corresponding author:**

Bernardo Leal

**e-mail:** [bleal.cntq@gmail.com](mailto:bleal.cntq@gmail.com)



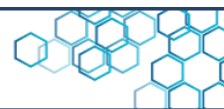
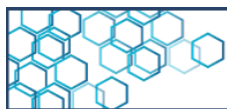
## 1. Introducción

El acero es un material indispensable en nuestra vida diaria, entre sus usos más destacados tenemos vehículos, viviendas, industrias, maquinaria, entre otros. Por lo tanto, el acero se considera el material más importante para la ingeniería y la construcción [1]. Se estima que a nivel mundial se producen anualmente 1.700 millones de toneladas de acero crudo, para ello la industria global del acero utiliza 2.000 millones de toneladas de mineral de hierro [2]. Estos datos implican que para el año 2018 el consumo per cápita de acero crudo a nivel mundial era de 240 kg/año [3]. Venezuela posee más de 4.000 millones de toneladas de reservas de mineral de hierro [4]. Adicionalmente, en el año 2005 la capacidad de producción de acero de la industria siderúrgica era de 10,76 millones de toneladas al año y la producción de acero crudo de Venezuela en el año 2018 fue de 129 mil toneladas [3,5].

La reducción directa de hierro (DRI por sus siglas en inglés) es el proceso mediante el cual se reduce el mineral de hierro en la siderúrgica venezolana. La materia prima fundamental para el proceso de reducción directa son las pellas [5]. Para el año 2021, la capacidad instalada de la planta de pellas propiedad de CVG Ferrominera Orinoco, C.A. era de 3,3 millones de toneladas de pellas al año, y está en construcción una nueva planta para incrementar la producción en 3 millones de toneladas adicionales al año [6].

La peletización o formación de pellas es un proceso que consiste en mezclar partículas muy finas de mineral de hierro de menos de 325 mesh (45 micras) con fundentes como piedra caliza, cal, dolomita, etc., un aglutinante, generalmente bentonita (0,5 – 1 %) y agua, hasta llegar a un nivel de humedad generalmente alrededor del 10 %, con la finalidad de

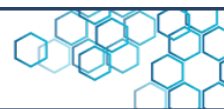
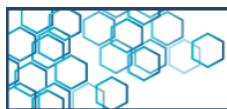




formar bolas con forma de esfera de 9 a 16 mm de diámetro. Estas pellas verdes, así llamadas, luego se secan y se endurecen al calor a una temperatura de 1.250 a 1.300 °C para producir pellas con una resistencia aceptable [7].

La planta de pellas de Sidor presentaba para el año 2006 un porcentaje de retorno de 30 % aproximadamente (fracción de pellas producidas en los discos peletizadores que no cumplen con las condiciones mínimas de tamaño), lo que limita el aprovechamiento de toda la capacidad de producción de los discos, ya que dicha fracción de pellas pasa a ser reprocesada [8]. Adicionalmente, en el proceso de piroconsolidación de las pellas, durante su transporte y almacenamiento, se generan finos por abrasión y desgaste de las pellas, quienes llevan el nombre de finos de pellas, los cuales normalmente son reutilizados en el proceso de formación de pellas; sin embargo, la proporción que se puede usar en la formación de estos aglomerados está limitada a la dosificación definida. Por ejemplo, para producir una pella de tipo PS6CF se requiere la siguiente mezcla porcentual: mineral de hierro 89 %, finos recuperados 7 %, antracita 2 %, escamas 1 % y caliza 1 % [5]. Por lo tanto, si se genera una cantidad de finos de pellas que sobrepasa los utilizados en la formación de pellas en función a la dosificación, estos se van acumulando progresivamente.

En la industria siderúrgica se generan diferentes materiales reciclados, los cuales son enumerados en la Tabla 1. El uso de estos finos de pellas y materiales reciclados es de vital importancia para el eficiente manejo de los recursos minerales y control de la contaminación ambiental [9].



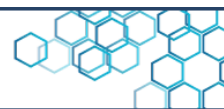
**Tabla 1.** Subproductos generados en la industria siderúrgica y su fuente.

Subproducto	Fuente
Finos de pella	Salida del horno de piroconsolidación
Finos de casas de humos	Acerías
Glóbulos férreos	Descapado
Escamas	Acerías, barras y alambrón y laminación en caliente

## 2. Metodología

La búsqueda inicial de trabajos académicos y patentes se realizó a través de la plataforma <https://www.lens.org/>. La ecuación de búsqueda para trabajos académicos fue: ((fine\* OR mill scale OR Blue-Dust) AND (ironmaking OR steelmaking) AND pellet\*). La misma fue realizada el 4 de octubre de 2022 y los filtros que se aplicaron fueron: últimos 20 años, restringido a los campos título, resumen, palabras clave y campo de estudio. Esta exploración arrojó 35 trabajos académicos. A partir de las referencias de los trabajos académicos encontrados, se pudo ubicar 24 trabajos académicos adicionales.

La ecuación de búsqueda para patentes fue: ((fine\* OR mill scale OR Blue-Dust) AND (ironmaking OR steelmaking) AND pellet\*). La misma fue realizada el 15 de diciembre de 2022 y los filtros que se aplicaron fueron: últimos 20 años, restringido a los campos título, resumen y reivindicaciones. Solo se seleccionaron las patentes aprobadas y de aplicación. Solo se tomó un documento por familia, seleccionando el primero que se publicó. Esta pesquisa arrojó 88 patentes.

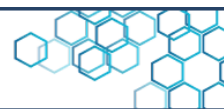
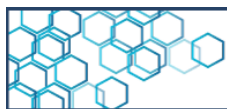


Después de clasificar los resultados, 26 documentos académicos y 36 patentes presentaron usos alternativos de finos de pellas y otros subproductos de la industria siderúrgica.

### **3. Usos alternativos de finos de pellas y de finos de subproductos de la industria siderúrgica**

La industria siderúrgica venezolana ha reportado que, durante el proceso de almacenaje y transporte de las pellas, se genera una gran cantidad de finos de pella y esta cantidad supera al porcentaje de finos, que con base en la formulación, se pueden reciclar en el proceso de formación de las mismas. Adicionalmente, aguas arriba se generan subproductos de tamaño fino, tal como finos de casas de humos, glóbulos férreos y escamas [5], no se ha encontrado indicios de que los mismos estén siendo aprovechados. Por consiguiente, continuamente se está generando una acumulación de finos de pellas y de subproductos, los cuales generan un pasivo ambiental y una pérdida económica a la industria.

De acuerdo a la bibliografía de los últimos 20 años (artículos, tesis, reportes técnicos y patentes), los posibles usos que se le pueden dar a los finos de pellas y a los subproductos de la industria siderúrgica se clasifican en diez grupos, a saber: pellas frías, pellas fundidas, briquetas para aglomerar finos, sinterizado compuesto de pellas, pellas de material reciclado, sinterizado de material reciclado, mezcla con minerales que contengan otros metales distintos al hierro, usos de finos directamente, micrometalurgia y modificadores de escoria. A continuación, se describen cada uno de estos grupos.



### 3.1 Pellas Frías

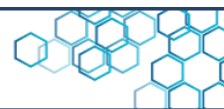
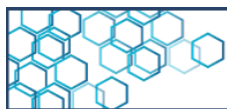
El endurecimiento de las pellas por calor para obtener las propiedades físicas y metalúrgicas requeridas, requiere de enormes cantidades de energía. Cifras reportadas para el consumo de energía durante el endurecimiento por calor de los concentrados de magnetita van desde 300.000 a 700.000 BTU/toneladas de pellas. Para los minerales que no contienen magnetita, el consumo de energía será mayor debido a la ausencia de reacciones de oxidación exotérmicas [10].

La unión en frío es una alternativa de baja temperatura al endurecimiento por calor. Las pellas aglomeradas en frío generalmente se endurecen a temperaturas inferiores a 300 °C. Se pueden utilizar diferentes procesos de unión de pellas en frío, la mayoría de las cuales involucra reacciones químicas que forman nuevas fases entre los granos que contienen hierro dentro de la pella. Algunos ejemplos de unión en frío serían: enlaces de carbonato, enlaces de cemento, enlace hidrotermal, enlace con óxido y aglutinantes orgánicos [10].

#### 3.1.1 Características del proceso de producción de pellas frías

Los procesos de unión en frío generalmente usan altas dosis de aglutinante y largos ciclos de curado, esto conduce a una serie de compensaciones que deben tenerse en cuenta al evaluar cada tipo de proceso de unión en frío, uno de los factores a considerar es la resistencia de las pellas resultantes (Tabla 2) [10].



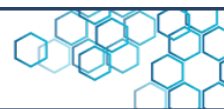
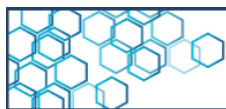


**Tabla 2.** Comparación general de procesos de unión en frío [10].

Tipo de Enlace	Aditivo / Dosis	Resistencia de Pellas (lb/pella)
Carbonato	Cal apagada/1 a 10%	30 a 450
Cemento	Cemento Portland/9 a 12%	280 a 400
Tabla 2. Comparación general de procesos de unión en frío [10]		
Tipo de Enlace	Aditivo / Dosis	Resistencia de Pellas (lb/pella)
Óxido	Sílice fina/1 a 3%	
	Polvo de hierro esponja/2 a 8%	20 a 110
Orgánico	Almidón/3 a 7%	>300
	Almidón/0,5 a 1,5%	20 a 45
	Dextrina/3 a 4%	60 a 100
	Lignosulfonato/1%	>5
	Funá/1,5%	60

### 3.1.1.1 Desventajas

Las pellas adheridas en frío se curan durante largos períodos de tiempo, por lo tanto, requieren un amplio espacio de piso y el equipo necesario para el manejo de grandes cantidades de estas durante el endurecimiento. Altas dosis de aglomerante (en la unión de cemento), aumenta la contaminación de estos aglomerados con sílice. Los procesos hidrotermales generan pellas resistentes, pero son procesos por lotes sujetos a problemas mecánicos que poseen dificultades con la alimentación no uniforme de las mismas. La resistencia de las pellas frías,



generalmente es menor a la de sus contrapartes endurecidas por calentamiento [10].

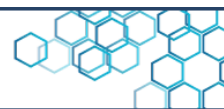
### 3.1.1.2 Ventajas

Los procesos de unión en frío pueden ser atractivos por razones económicas. Se reportó que las pellas en frío y los costos de operación resultaron ser 2/3 en comparación al costo de las pellas que se generan de un endurecimiento por calor [10].

### 3.1.2 Ejemplos de uso de pellas frías

Se ha publicado una gran variedad de documentos académicos y patentes que desarrollan el uso de pellas frías. Entre los ejemplos de documentos académicos tenemos la empresa CANMET, que desarrolló una nueva tecnología de unión en frío para producir pellas compuestas que contienen carbón. Como aglutinante se utilizó cemento de alúmina, lo que confirió una alta resistencia mecánica a la pella, incluso a temperaturas elevadas. Los resultados de las pruebas de laboratorio mostraron que la tasa de metalización de las pellas fue alta, debido al contacto íntimo de las partículas de carbón y el mineral de hierro en las pellas. El proceso de producción de las pellas requiere un tiempo de curado de 16 horas a temperatura ambiente y luego se seca durante 16 horas a 110 °C. Estas pellas presentan una resistencia de 500 N/pellas y se usaran para un proceso de reducción directa de hierro (DRI) por medio de un horno rotatorio [11,12].

Por otro lado, Nikai y Garbers-Craig (2015) estudiaron la factibilidad de producir pellas frías compuestas autoreductoras a partir de lodos, para ser usadas en DRI. Estos autores probaron con cuatro aglutinantes

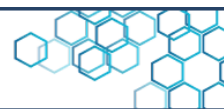
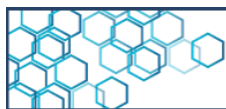


(dextrina, dextrina+bentonita, carboximetilcelulosa (CMC) y Ca-lignosulfonato) con porcentajes que oscilan entre 1 a 4 %, y a su vez como material reductor añadieron coque metalúrgico entre un 15 a 20 %. El proceso de secado fue realizado en dos etapas, inicialmente se calentó en un horno a 105 °C por dos horas y luego se les permitió seguir secándose a temperatura ambiente por cinco días. La resistencia de las pellas obtenidas varió desde 338 hasta 874 N/pellas con un grado de metalización de hasta 95 % [13,14].

Chokshi y Dutta realizaron un estudio similar para producir briquetas y pellas compuestas, las cuales se endurecieron en frío. Se usaron diversos aglutinantes; como cenizas, cal apagada, dextrina, melaza, alcohol polivinílico (PVA) y poliacrilato de sodio (SPA); solos o combinados, en diferentes proporciones para la fabricación de las briquetas y las pellas compuestas con carbón. Fue posible obtener una resistencia en briquetas de hasta 462 N/briquetas y para pellas de 216 N/pellas [15].

Las patentes presentan variedad de metodologías y aglutinantes usados para generar pellas frías, un ejemplo, es el caso que usa un aglutinante generado a partir de cenizas, con lo cual se producen pellas prensadas al frío. El empleo de estas cenizas permite reciclar una sustancia peligrosa para el ambiente. Dichas cenizas presentan adhesivos orgánicos e inorgánicos que cumplen la función de cohesionar, entre ellos se encuentran los óxidos básicos CaO y MgO activos. Por otro lado, las cenizas se digestan previo a su uso para eliminar el S y el P [16].

Otra técnica para generar pellas frías a partir de la recolección separada de cenizas, es la eliminación de polvo áspero y cenizas de eliminación de polvo fino del convertidor de acero, los cuales se mezclan uniformemente

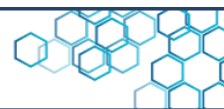
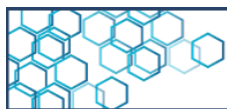


y se les añade una solución de cloruro de magnesio. Esta técnica no necesita digestión previa y permite el aprovechamiento de subproductos de la industria siderúrgica, empleando un aglutinante inorgánico débilmente alcalino. Estas pellas tienen la ventaja de poseer bajas impurezas y bajo contenido de  $\text{SiO}_2$  [17].

En otras patentes, se usan otros subproductos de la industria siderúrgica (escamas de óxido de hierro, polvo fino de escoria de acero, ceniza de desempolvado de acería y lodo de acería) para generar pellas frías. En este método se usa como agente aglutinante una sal inorgánica, y se añade polvo de cal para ajustar la humedad de la materia cruda. La resistencia de las pellas obtenidas alcanza hasta 800 N/pellas [18]. Otro ejemplo, es el método para producir pellas usando finos de óxido de hierro rojo, el cual es un desecho de los procesos hidrometalúrgicos. Los finos de óxido de hierro rojo se mezclan con un agente desoxidante y un aglutinante, se secan y luego se calientan a baja temperatura para que ocurra la desoxidación. Las pellas producidas se pueden utilizar para las acerías y para los altos hornos [19].

Las pellas autorreductoras también se pueden realizar por el método al frío, un ejemplo es cuando se producen al usar concentrado de mineral de hierro, un material carbonáceo como agente reductor y “clínker” de cemento Portland finamente dividido como aglutinante. Las pellas son endurecidas en un equipo de curado donde son hidratadas y carbonatadas con un flujo de gases calientes que contienen dióxido de carbono a temperaturas entre 100 a 300 °C [20].





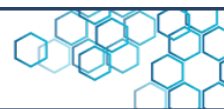
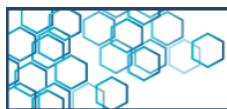
### 3.2 Pellas Metalizadas

Las pellas metalizadas se forman cuando se genera una sinterización, lo que implica una fusión incipiente de las partículas del mineral de hierro a temperaturas cercanas al punto de fusión del metal. El uso de aglomerados formados por medio de una fusión incipiente, mejora el rendimiento del alto horno; sin embargo, se presentan dificultades para producir pellas metalizadas debido a una tendencia a una alta hinchazón de este aglomerado dentro del alto horno, aún mayor que el de las pellas tradicionales [21].

#### 3.2.1 Ejemplos de uso de pellas metalizadas

En el 2009 Pal *et al.* desarrollaron una metodología para producir pellas metalizadas para ser usadas en un horno básico de oxígeno (BOF por sus siglas en inglés). Estos autores diseñaron esta metodología, debido a que deseaban usar como fuente de hierro en el BOF, desechos de óxido de hierro, tales como lodo de BOF y de BF, escamas de laminación, polvo de BF, entre otros [22].

El objetivo de estos autores era desarrollar una pella metalizada con la ventaja del sinterizado y sin los costos y limitaciones de los aglomerados tradicionales. Estas se produjeron usando residuos de finos de óxido de hierro y cal, sin ningún aglutinante costoso ni una calcinación demandante de alta energía. Posteriormente, fueron tratados con dióxido de carbono en una cámara de reacción a temperatura ambiente para transformar el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), en carbonato calcio duro ( $\text{CaCO}_3$ ), para de esta forma mejorar la resistencia [22].

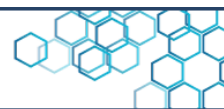


Las pellas luego de formadas, se les permite secar a temperatura ambiente por 1 a 3 días, luego de aplicar  $\text{CO}_2$  puro por 15 minutos, obteniendo una fuerza de 30 kg/pella. Por otro lado, se obtuvo que estos aglomerados poseen un bajo punto de reblandecimiento/fusión, lo cual ayudaría a una fácil formación de escoria oxidante y promovería la refinación cuando se usa en BOF. Además, la pella exhibió una resistencia al choque térmico razonable (1.200–1.300 °C), garantizando así, una baja generación de finos en condiciones de funcionamiento del BOF [22].

### 3.3 Briquetas para aglomerar finos

La briqueta se define como un aglomerado producido y moldeado por unión a presión, las cuales presentan ventajas sobre el proceso de sinterización tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. El cierre de una planta de sinterización en Finlandia y la puesta en operación de una planta de briquetas, ha resultado en una reducción del 8 a 11 % en las emisiones de  $\text{CO}_2$ , alrededor del 70 % en las de  $\text{SO}_2$  y un decrecimiento de 7 % en el consumo de energía. En parte, debido a los diversos impactos ambientales del proceso de sinterización, se han establecido regulaciones estrictas, resultando en el cierre de la operación de muchas plantas de este tipo en diversos países [23].

La calidad de la briqueta depende de varios factores, incluida la distribución del tamaño de las partículas, el contenido de humedad, la presión ejercida, el ligante usado, la mezcla, el curado y la composición química [23]. Las propiedades metalúrgicas más importantes de las briquetas son: resistencia al frío, porosidad, reducibilidad, ablandamiento y resistencia en caliente [24].



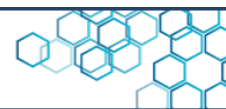
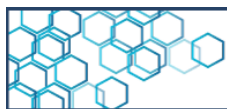
### 3.3.1 Ejemplos de uso de Briquetas para aglomerar finos

Las briquetas extruidas (BREX), han sido utilizadas para aglomerar finos de hierro y subproductos de la industria siderúrgica, entre los cuales se encuentran las escamas. Estos brex permiten reciclar material y tienen ciertas ventajas sobre otros aglomerados, que los convierten en un material de carga eficiente para la operación de los altos hornos [25]. Kumar *et al.* (2016), desarrollaron un proceso para formar briquetas a partir de los subproductos: escamas, polvos de CRM y polvos proveniente de horno básico de oxígeno, estos autores modificaron las proporciones de los subproductos y los aglutinantes usados, las briquetas generadas se utilizaron con éxito como refrigerantes secundarios en reemplazo del mineral de hierro [26].

Se ha investigado el posible uso de residuos de la industria siderúrgica del tamaño de finos, para producir briquetas de hierro en caliente (HBI) y las ventajas que presenta este tipo de briquetas sobre el uso de pellas en la reducción directa de hierro (DRI) [27,28]. En patentes, también se han presentado metodologías para formar briquetas a partir de subproductos (escamas, polvos de filtros y otros subproductos) aglomeradas con celulosa [29–31].

### 3.4 Sinterizado compuesto de pellas

La peletización permite aglomerar finos de muy pequeño tamaño, estas fracciones no son aptas para ser aglomeradas por sinterización, debido a que la permeabilidad del lecho disminuye significativamente cuando se incorpora una mayor cantidad de ultrafinos en la mezcla sinterizada, lo que reduce la productividad. Sin embargo, los finos de menos de 0,15 mm de tamaño se aglomeran por medio de la peletización, y luego estas pellas



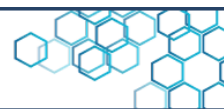
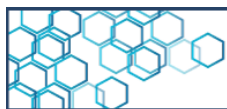
se pueden utilizar como parte de la alimentación de la sinterización, al micropeletizar primero los finos a temperatura ambiente [7,21].

Cuando las micropellas producidas se incorporan en la mezcla sinterizada, la permeabilidad del lecho mejora significativamente, como consecuencia a la granulación favorecida, aumentando la producción de este aglomerado. De esta manera, se puede incorporar una mayor cantidad de ultrafinos en la mezcla de sinterización, manteniendo su productividad. Este proceso presenta una serie de ventajas frente a la sinterización tradicional o a la peletización, como la capacidad de utilizar diversos materiales que contienen hierro, mejora significativa en la permeabilidad y productividad del lecho de material de la máquina para producir este aglomerado, bajo consumo de energía y capacidad para preparar una carga de baja basicidad con buen rendimiento metalúrgico[7].

### 3.4.1 Ejemplos de uso de sinterizado compuesto de pellas

Pal (2019), propone dos nuevos procesos, en los cuales se puede aumentar el uso de microfinos de 20-30 % a 60 % en comparación a las prácticas normales de sinterización. Adicionalmente, estos procesos presentan una reducción de aproximadamente 20 % en el uso de energía y de 30-40 % del coque metalúrgico usado. Los procesos evaluados por este autor llevan el nombre de: micropeletización y sinterización de microfinos de mineral de hierro y desarrollo de aglomerado compuesto de pella-sinter (P-SCA, por sus siglas en inglés) [32].

El proceso de micropeletización y sinterización de microfinos de mineral de hierro, consiste en producir micropellas compuestas de óxido de hierro y carbón (2 a 6 mm), donde se usan como materiales aglutinantes cal y melaza. Estos microaglomerados posteriormente se tratan con CO<sub>2</sub> o gas



residual industrial para formar enlace químico. A un nivel muy alto de carbono del 22 % en peso (38 % en peso de carbón), la resistencia al aplastamiento en frío de las mismas fue de  $2,5 - 3 \text{ kg/cm}^2$  y el índice de abrasión fue de 5 a 9 % en peso, valores que permiten la manipulación en frío. Dado que las micropellas contienen carbono y tienen muy buena resistencia a la manipulación, se pueden utilizar en la cama de sinterización reduciendo el consumo de coque metalúrgico; así como también, mejorando el uso de finos. Las propiedades del sinter producido, se encuentran entre muy buenas y aceptable, siendo el rendimiento de sinterización 65 %, el índice de rotura 91 % y el índice de abrasión 5 % [32].

En el desarrollo de aglomerado compuesto de pella-sinter (P-SCA) se aglutinan formando una pella verde compuesta utilizando hematita, para generar así, una pella con capacidad de producir calor *in situ*. Se ensayó con diferentes materiales, tales como carbón, lodos y escamas. Se utilizan micro-finos de 100 mesh y luego se combina con una mezcla de finos de procesos previos de sinterización. La formación de calor *in situ* en la pella, se produce por la oxidación del hierro metálico y sus óxidos inferiores (Fe, FeO y  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) [32].

En la etapa inicial, las pellas pueden absorber el calor del gas de sinterización para llegar a temperaturas elevadas, a continuación, las reacciones de oxidación se vuelven más rápidas y significativas generando una gran cantidad de calor ( $0,236 \text{ kJ/g}$  de pella) en el interior de la pella. El calor *in situ* en la pella genera la formación de enlaces [32].

El proceso para generar sinter a partir de micropellas, con la finalidad de usar subproductos de la industria siderúrgica, también ha sido presentado en múltiples patentes, encontrando entre los subproductos usados por

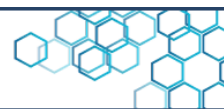
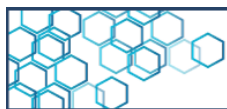
estas patentes: polvo generado del alto horno, escamas, polvo generado en el proceso de sinterización y polvo obtenido de los filtros de las chimeneas [33–35].

### **3.5 Pellas de material reciclado**

Durante el proceso de fabricación de hierro y acero, se generan muchos subproductos, tales como polvos, lodos, escorias y escamas; aproximadamente, se generan de 2 a 4 toneladas de desechos por tonelada de acero producido [23]. Estos desechos tienen muchos productos valiosos que pueden ser reutilizados, si se recuperan de manera económica, reduciendo de esta manera el costo de la disposición de los residuos y la contaminación ambiental asociada. Adicionalmente, aportan una cantidad sustancial de mineral de hierro, materiales fundentes y combustibles, conservando así, cantidades equivalentes de materias primas [9].

#### **3.5.1 Ejemplo de uso de pellas de material reciclado**

Las escamas tienden a ser reutilizadas en los sinter, sin embargo, el uso de las escamas en las plantas de sinterización es muy limitado debido a la caída de la productividad y al deterioro de la calidad del sinterizado. Umadevi *et al.* (2009), evaluaron las propiedades de las pellas verdes y calcinadas en función a la variación de la proporción de escamas usadas en las pellas. Compararon pellas con 0, 10, 20, 30 y 40 % de escamas, encontrando que las pellas con 10 % de escamas proveen el óptimo balance químico, físico y metalúrgico [36].

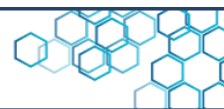
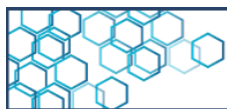


Rajshekar *et al.* (2018), también evaluaron el uso de escamas en pellas, obteniendo que este subproducto proporciona calor que facilita la formación del enlace por difusión y por recristalización, mejorando de esta manera la resistencia de las pellas. Estos autores consiguen un resultado mucho mejor en pellas ácidas en comparación a las pellas básicas, lo cual es una ventaja porque las pellas ácidas y los sinterizados altamente básicos son una buena combinación como materia prima en el alto horno. Adicionalmente, encontraron que la adición de 15 % de escamas a las pellas puede reducir la temperatura del endurecimiento de la pella en 15 °C [37].

Otro ejemplo donde se usan escamas y otros subproductos, es el de Zhunusov *et al.* (2021). Estos autores producen una pella usando 40 % de aspiración de polvo, 20 % de escoria blanca, 20 % de arena ferrosa mezclada, 10 % escamas y 10 % de coque metalúrgico. El endurecimiento se realiza a 600 °C y se obtiene una resistencia después del endurecimiento de 80 kg/pella [38].

Básicamente, la escoria generada del convertidor de acero también se usa para producir pellas, la cual es molida y mezclada con concentrado de hierro. Se forma en condiciones de alta temperatura, a su vez contiene una cierta cantidad de componentes de silicato y tiene una buena propiedad de gelificación, por lo tanto, puede reemplazar a la bentonita, la cual posee un costo monetario más elevado. Además, la escoria del convertidor de acero se modifica, de modo que el micro polvo de escoria tiene una buena actividad hidráulica; el tipo de gelificación específica de esta escoria se puede utilizar completamente, por lo que el rendimiento de unión de las pellas se puede mejorar de manera efectiva [39].

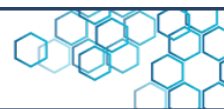
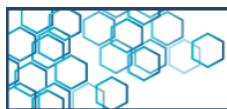




Principalmente, las cenizas son usadas para producir un aglutinante, con la cual se producen pellas prensadas al frío. El uso de estas cenizas permite reciclar una sustancia peligrosa para el ambiente. Este subproducto presenta adhesivos orgánicos e inorgánicos que cumplen la función de aglutinar, entre los inorgánicos están los óxidos básicos  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  activos. Finalmente, las cenizas se digestan previo a su uso para eliminar el S y el P [16].

Hay patentes que usan mezclas de subproductos, los cuales se agregan en proporciones definidas. Tal es el caso, del método para producir pellas prensadas en frío para la fabricación de acero, a partir de la mezcla de cenizas, lodo del convertidor y óxidos de escamas en proporciones 20 - 23: 55 - 65: 10 - 20. Emplean como aglutinante carboximetilcelulosa de sodio, al cual se le agrega un efluente industrial y cloruro de magnesio. Las pellas prensadas en frío fabricadas a través de este método tienen la ventaja de que la tasa de formación de pellas es alta, la fuerza de unión es grande, el tiempo de secado es corto después de la formación de la pella y el uso para la fabricación de acero es conveniente [40]. Otra alternativa, es el método para producir pellas de alta dureza usando polvo de escoria de acero, lodo deshidratado de acería, lodos de aceite de las laminadoras y almidón vegetal en la proporción 65: 20: 10: 5. Esta mezcla es calentada por 15 minutos por medio de vapor a alta temperatura y peletizada, una vez se forman las pellas se hornean entre 6 a 8 horas [41].

Existen otras patentes donde se proponen métodos para obtener pellas a partir de subproductos siderúrgicos y presenta la lista de subproductos que se pueden utilizar: escoria de acería, polvo fino de escoria de acero, escamas, escamas de óxido de hierro, ceniza de desempolvado de acería, finos de chatarra, finos de óxidos, polvos y lodos [18,42].

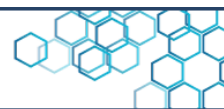


### 3.6 Sinterizado de material reciclado

Durante la deformación del acero a un producto largo o plano, se forman las escamas, que representan alrededor del 2 % de acero producido (aproximadamente 1,9 Mt en el año 2016), y está disponible como un material secundario debido a su riqueza en hierro (alrededor del 72 % de Fe total). Cuando el acero se somete a atmósferas oxidantes a alta temperatura, lo que se promueve es el crecimiento de la capa de óxidos de hierro en la superficie del acero [43]. Las escamas han sido reutilizadas por medio de aglomerandos con material carbonoso y aglutinantes para formar pellas [44]. Sin embargo, hacen falta instalaciones con mayor capacidad para el reciclaje de todas las escamas producidas, y a esto se le suma que no todas las unidades ofrecen margen para el reciclaje interno de las escamas [43].

#### 3.6.1 Ejemplo de uso de sinterizado de material reciclado

Con la finalidad de hacer un mayor uso de las escamas generadas como subproductos de la industria siderúrgica, se produjeron tortas sinterizadas no aglomeradas formadas con escamas, cal y finos de carbón, para ser usadas como alimentación de hornos de inducción para producir acero. Al ser tortas sinterizadas no aglomeradas, anulan el consumo de energía por la operación de aglomeración. El mejor valor del grado de reducción ( $\alpha=47,84$  %), se obtuvo en la torta de sinterización con 10 % de exceso de carbón estequiométrico y 20 % cal, mientras que la mejor resistencia a la compresión (195 kg/muestra) se logró en la torta de sinterización de 10 % de exceso de carbón estequiométrico y 30 % cal [43].

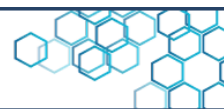
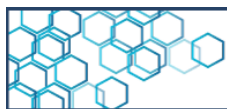


### **3.7 Mezcla con minerales que contengan otros metales distintos al hierro**

El mineral de hierro de alta calidad está disminuyendo gradualmente y los precios del mismo están aumentando, lo que obliga a las empresas siderúrgicas a tratar de utilizar otros recursos minerales con menor porcentaje de hierro y con contenido de otros metales distintos al hierro, estos a su vez son recursos con bajo precio y alto valor de uso integral [45]. Estas medidas reducen el costo de la producción y expanden las fuentes de mineral de hierro usado para aglomerar [46]. Otras ventajas de usar otros minerales que contengan metales distintos al hierro, es que se puede optimizar el proceso de producción de estos conglomerados, se mejoran las propiedades metalúrgicas de los aglomerados, se pueden obtener aleaciones con contenido de estos elementos o se pueden recuperar los otros elementos contenidos en los minerales [46–49].

#### **3.7.1 Ejemplos de uso de mezcla con minerales que contengan otros metales distintos al hierro**

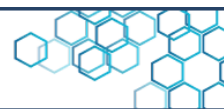
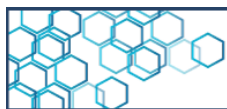
En la bibliografía, se consiguen variados ejemplos del uso de otros elementos metálicos distintos al hierro para realizar aglomerados donde los más usados son titanio y vanadio, los cuales están presente en la titanomagnetita de vanadio. Un ejemplo de este caso, es el uso de arenas de mar con este mineral para hacer pellas al mezclar estas arenas con mineral de hierro en polvo. Las pellas con mejores propiedades metalúrgicas, se obtuvieron cuando el porcentaje de las arenas con titanomagnetita de vanadio era de 40 % [45]. Este mismo mineral es empleado por Tang *et al.* (2013), quienes usan un mineral de



titanomagnetita de vanadio con alto contenido de cromo para formar pellas. Se debe usar menos del 20 % de este mineral con alto contenido de cromo, para que las pellas tengan la resistencia adecuada y puedan ser usadas en el alto horno. Para ello se usa bentonita como aglutinante y se somete luego a un proceso de endurecimiento por temperaturas, empleando diferentes rampas de temperatura hasta un máximo de 1.135 °C [49]. Un caso, en el que solo se usa minerales con titanio, es el planteado por Zhang *et al.* (2021), quienes producen pellas formadas de mineral de titanio y mineral de hierro sinterizado con las cuales se pueden obtener buenas propiedades metalúrgicas y alta resistencia a la compresión utilizando minerales de titanio de molienda fina [46].

En las patentes también se consiguen métodos para usar minerales con contenido de elementos metálicos distintos al hierro. El primer caso que se presenta a continuación, tiene como finalidad disminuir los costos de producción de acero con alto manganeso, evitar la pérdida de este elemento en las escorias y hacer uso de los minerales que contengan este metal. Para ello, generan micropellas autoreductoras a partir de finos de mineral con manganeso, las cuales tienen un costo mucho más bajo que los ferromagnesianos usados tradicionalmente. Para formar estas micropellas, también se propone reciclar este elemento perdido en la escoria al moler esta última, y obtener el Mn por separación magnética. La fuente de hierro para estos aglomerados es el mineral de hierro, la fuente de carbono es el “char” o el coque metalúrgico y el agente fundente puede ser cal y/o óxido de bario. El agente aglutinante usado es la bentonita [47].

Otra opción, es la técnica para producir pellas frías a partir de minerales de titanio con contenido de magnetita, a estas pellas también se les agrega antracita la cual se usa como aglutinante. El mineral debe estar finamente



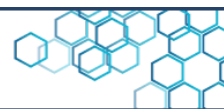
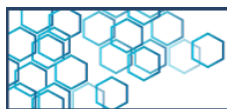
molido y purificado por separación magnética, finalmente estas pellas son usadas para reducción directa. Las ventajas que presenta esta técnica son un menor costo, debido al mineral utilizado y es más amigable con el ambiente, al usar antracita en vez de coque metalúrgico [50]. En cuanto al vanadio, se propone un método para producir pellas a partir de polvo fino de hierro y vanadio, usando como aglutinante un compuesto orgánico. Este método tiene como ventajas que mejora el rendimiento en la producción de la aleación a partir de acero de vanadio líquido, utiliza suficientemente los recursos de vanadio y reduce el costo de producción del proceso de fabricación de acero [51].

### 3.8 Usos de finos directamente

En total, la industria del acero es responsable de alrededor del 8 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> [52].

Las ventajas de usar los finos directamente:

- Eliminación de muchos de los intermediarios que se usan actualmente para producir acero.
- No harían falta los siguientes procesos en la fabricación de acero: coquización, sinterización de las pellas, fabricación de hierro en altos hornos (BF) y fabricación de acero en horno de oxígeno (BOF).
- Permitir el ahorro de la energía consumida.
- Reducción drástica de la emisión de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, compuestos orgánicos volátiles, partículas finas y sustancias tóxicas del aire.
- Estas nuevas tecnologías representan un costo de capital significativamente menor.
- Considerable reducción de los costos de producción del acero [53].

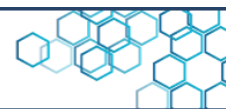
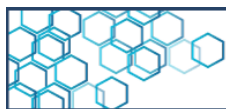


### 3.8.1 Ejemplos de uso de finos directamente

En este sentido se han evaluado nuevas tecnologías para la producción de acero, donde los procesos novedosos sean más eficientes y ambientalmente más amigables. Tal es el caso, del proceso planteado por Huang y Hwang (2005), quienes evaluaron el uso de una nueva tecnología siderúrgica, que tenga el potencial para lograr una mejor eficiencia energética general, minimizando los contaminantes y los desechos, reduciendo costos de capital y operativos, y aumentando la competitividad de la industria siderúrgica. La tecnología seleccionada fue un modelo combinando microondas, arco eléctrico y calentamiento exotérmico, para ello evaluaron múltiples condiciones de calentamiento y materia prima [53].

La tecnología Metso Outotec Circored, es un proceso para reducir el mineral de hierro basado en 100 % de hidrógeno, ha demostrado su funcionalidad y el rendimiento en una planta de demostración a escala industrial. Circored se basa en un lecho fluidizado circulante (CFB), con absorción inherente de  $\text{SO}_2$  y calcinación de alúmina. Las principales ventajas de los procesos de lecho fluidizado son las excelentes condiciones de transferencia de calor y masa, control preciso de la temperatura y tiempos cortos de retención de sólidos, que conducen a mayores capacidades de planta y menores costos de inversión y operación [52].

El tamaño de grano preferido para el proceso es de 0,1 a 2,0 mm, aunque, según el comportamiento de decrepitación, también puede ser aceptable un tamaño de grano de hasta 6 mm. Para el tratamiento de minerales ultrafinos ( $<50 \mu\text{m}$ ) o polvo de lavado, Metso Outotec tiene un procedimiento de microgranulación patentado muy simple. En este



proceso, las partículas ultrafinas se aglomeran en microgránulos de un tamaño medio de aproximadamente 350  $\mu\text{m}$ , con la adición de un aglutinante. El mismo no requiere ningún equipo adicional de endurecimiento por calor, ya que el endurecimiento de los gránulos se realiza en la sección de precalentamiento de la planta de Circored [52].

La tecnología de fabricación de hierro flash también propone al hidrógeno como agente reductor, esta tecnología usa mineral de hierro concentrado como materia prima, sin un tratamiento previo. Las partículas finas del concentrado, permiten una velocidad de reacción muy rápida, por lo que requiere tiempos de residencia medidos en segundos, en lugar de minutos y horas que se requieren para reducir las pellas e incluso los finos de mineral de hierro [54].

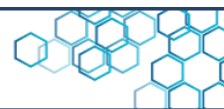
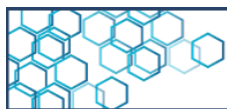
### 3.9 Micrometalurgia

La creación de plantas micrometalúrgicas con menor capacidad de producción trae la posibilidad de un control flexible de los materiales, de carga de líquidos y sólidos procesados, lo cual es una ventaja importante de las microacérías, teniendo en cuenta la variación de los precios de las materias primas y la energía [55].

#### 3.9.1 Ejemplos de uso de micrometalurgia

Eron'ko *et al.* (2019), plantearon un modelo de micrometalúrgicas donde se aprovechan subproductos de la siderúrgica, tales como, lodos, escorias, escamas y virutas de laminación. Este modelo debe contar con al menos un sitio para la aglomeración por briqueteado de desechos de grano fino;





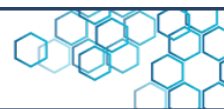
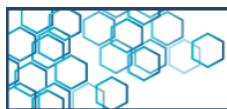
departamentos de fundición con hornos o unidades que permitan la fundición de hierro y acero; colada, en los que se pueden obtener piezas coladas, así como, piezas brutas para el proceso final de laminación. Para evitar la variación de la composición y propiedades de los ingredientes que forman la estructura de las briquetas, es preferible utilizar un método de fabricación de briquetas en frío, caracterizado por la facilidad de implementación y el bajo consumo de energía.

Estas pequeñas empresas requerirán inversiones significativamente menores para su lanzamiento, así como, la posibilidad de una solución más flexible al problema del suministro de pequeños volúmenes de productos metálicos, a plantas de construcción de maquinaria especializadas en la producción y reparación de equipos tecnológicos auxiliares para diversos sectores de la economía. Además, para garantizar un buen funcionamiento no hay necesidad de recurrir a los servicios de transporte ferroviario, ya que la logística y los volúmenes de transporte de carga en este caso pueden ser proporcionados por el transporte por carretera a un menor costo.

Por otro lado, las estimaciones de costos sugieren que, para obtener 1 tonelada de productos en condiciones de procesamiento de residuos metálicos industriales utilizando un convertidor de oxígeno con cuerpo giratorio, mostró que el costo del acero se reduce en aproximadamente un 10 % y esto se debe al bajo costo de la carga inicial [55].

### 3.10 Modificadores de escoria

En los procesos de fabricación de acero, la escoria se forma al comienzo de la fusión, cambiando su constitución química y sus propiedades, que es lo que determina en gran medida la calidad del acero producido. Las

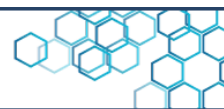
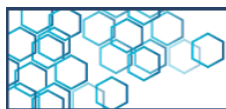


funciones más importantes de la escoria son: proteger el baño de metal contra el contacto con el oxígeno atmosférico, absorber los productos de oxidación de las impurezas del baño de metal, incluidos el fósforo y el azufre y asimilar inclusiones no metálicas [56].

La escoria espumosa, es un método que se aplica en la producción de aceros, para mejorar el coeficiente de uso de la energía. El objetivo básico de esta técnica, es aumentar el espesor de la capa de escoria en la superficie del baño de metal, para así, evitar aumentar la masa de la misma, es importante señalar que el espesor de esta capa se incrementa por la generación de espuma [56].

### 3.10.1 Ejemplos de uso de modificadores de escoria

Entre las patentes publicadas donde se generan modificadores de escoria, está el método que usa relaves y los residuos de la colada en cuchara de acero para preparar pellas modificadoras de escoria con alto contenido de aluminio, los cuales permiten optimizar el proceso de refinación del acero. Este método no solo presenta la ventaja de utilizar residuos, también permite disminuir los costos de producción y optimizar la refinación del mismo. Las pellas modificadoras de escoria de alto aluminio están compuestas de 50 a 60 % de relaves y de polvo fino de residuos de la colada en cuchara de acero, 8 a 15 % de polvo de alúmina, 30 a 40 % de partícula de aluminio o polvo de aluminio, y aglutinante en un porcentaje en peso de 1 a 3 %. Estas pellas son aplicadas en la producción de acero bajo en carbón y aluminio y de acero de ultra bajo carbón. Su uso permite bajar el punto de fundición, aumentar la velocidad de fundición, a su vez presenta buena movilidad de la escoria, buena habilidad de absorber

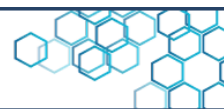
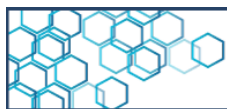


impurezas y un buen efecto modificador de la escoria removiendo el oxígeno [57].

Las pellas frías también se usan como modificadores de escoria, en el método para producir pellas prensadas al frío, las cuales sirven como agente espumante de escoria. Las pellas se forman a partir de 30 a 40 % de polvo fino de residuos de colada, 50 a 60 % de polvo de piedra caliza y de 6 a 12 % de polvo de fluorita. Para formar las pellas estos componentes se mezclan con agua y un agente aglutinante [58].

#### **4. Factibilidad de aplicar los usos finos de pellas y otros subproductos en Venezuela**

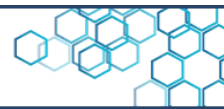
Para poder definir la factibilidad de usar en Venezuela, algunas de las opciones presentadas en este documento, se empezará describiendo la industria siderúrgica venezolana, donde el uso de la tecnología instalada facilitará su implementación al disminuir costos y tiempo de ejecución, porque solo debería necesitar su adecuación. La industria siderúrgica venezolana cuenta con: una (1) planta de pellas, una (1) planta de pellas en construcción, siete (7) plantas de briquetas de hierro en caliente (dos (2) de estas plantas, generan briquetas a partir finos de mineral de hierro, mientras que, las otras cinco (5) lo hacen a partir de una mezcla de mineral de hierro y pellas), tres (3) plantas para realizar reducción directa de hierro, para el proceso de acería se tiene horno de arco eléctrico, plantas para semielaborados (planchones, palanquillas y lingotes) y plantas para terminados (laminados en caliente, laminados en frío, recubiertos, barras y alambrón) [5,28].



En Venezuela, no se dispone de alto horno, por lo tanto, las alternativas: pellas metalizadas, sinterizado compuesto de pella y sinterizado de material reciclado no son factibles de aplicar, ya que estos aglomerados son diseñados para este tipo de horno. Los aglomerados producidos en el país son pellas y briquetas de hierro en caliente (HBI), las pellas se usan para producir hierro esponja, a través de la reducción directa de hierro, o como alimentación en la generación de la HBI. Por lo tanto, la aplicación de alguna de las opciones descritas, se debería realizar en cualquiera de estos dos métodos de aglomeración.

La producción de pellas tiene una formulación definida, que admite solo 7 % de reciclado de finos de pella y 1 % de escamas, sin embargo, el retorno de finos llega a ser de 30 % [5,8]. Por lo tanto, se debería trabajar en nuevas formulaciones que permitan incluir mayor cantidad de finos de pella o la inclusión de otro subproducto de la industria siderúrgica. Esta nueva formulación, podría ser para pellas frías o para pellas endurecidas por calor. En las instalaciones de Sidor existe un laboratorio a escala planta piloto que permite evaluar diferentes formulaciones para pellas.

Adicionalmente, se podrían incluir otras materias primas nacionales, como el coque de petróleo, el cual puede servir como fuente energética, agente reductor y aportaría metales como vanadio y níquel, que se pueden utilizar para realizar ferroaleaciones o ser recuperados en la escoria cuando se pase a la fase de acería en el horno de arco eléctrico. Existen experiencias que usan coque de petróleo y finos de mineral de hierro para generar hierro esponja a través de la reducción directa de hierro, este hierro esponja es usado como suministro de hornos de arco eléctrico o en hornos básico de oxígeno [59].

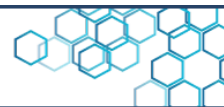
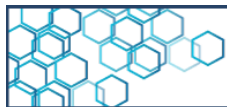


Varios autores proponen formulaciones de pellas frías para ser usadas en procesos de reducción directa de hierro (DRI) [11–14], de las cuales las formulaciones de Nikai (2015) y Nikai & Garbers-Craig (2015), realizan dichas pellas a partir de lodos. Otros autores utilizan subproductos de la industria siderúrgica para realizar pellas calcinadas y para realizarlas proponen diferentes proporciones de estos subproductos [36,38,41].

La opción de briquetas para aglomerar finos ya se aplica parcialmente en Venezuela, debido a que parte de las plantas de producción de briquetas de hierro en caliente, las generan a partir de finos de mineral de hierro. Otra posible aplicación, de una nueva formulación de pella que contenga mayor cantidad de finos de pella, sería en las plantas para producir HBI que requieren pellas y mineral de hierro como suministro. Una opción a largo plazo pudiera ser invertir en nuevas plantas para producir HBI a partir de finos.

Realizar pellas mezclando otros minerales que contengan elementos distintos al hierro, es otro de los usos que se podría evaluar su aplicación en Venezuela, ya que en el país se presenta un intercrecimiento de ilmenita-hematita en San Quintín, Estado Yaracuy [4], el cual es un mineral que presenta Ti y Fe, por lo que se podría trabajar en ferroaleaciones o recuperar el Ti en la escoria. Adicionalmente, hay presencia de magnetitas vanadíferas en Villa de Cura, Estado Aragua [4], las cuales podrían ser útiles para producir ferroaleaciones con V o recuperar este elemento en la escoria.

Las pellas propuestas como modificadores de escorias, es una opción que también se pudiera evaluar para su aplicación en Venezuela debido a que es una pella fría que se forma a partir de 30 a 40 % de polvo fino de

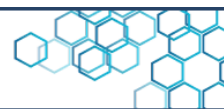
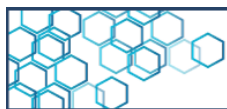


residuos de colada, 50 a 60 % de polvo de piedra caliza y de 6 a 12 % de polvo de fluorita [58].

La micrometalurgia, es un modelo de negocio del cual se pudiera evaluar la factibilidad de aplicarlo en Venezuela a mediano o largo plazo. Aplicar este modelo de negocios tendría como ventajas: facilitar el uso de finos de pella y de otros subproductos de la industria siderúrgica, inversiones pequeñas, emplear plantas de menor tamaño, con mayor facilidad de instalación y con menor mantenimiento, y el proceso de diversificación de la producción de productos terminados se facilitaría. Debido a que sería más sencillo planificar la fabricación de una gran variedad de productos terminados, motivado a que la cantidad total de productos que se deben realizar para hacer rentable la producción sería menor, de esta manera se facilitaría la comercialización, la cual podría concentrarse a nivel nacional y latinoamericano. Entre las ventajas de aplicar este modelo en Venezuela, estaría la generación de abundante variedad de productos terminados realizados en el país.

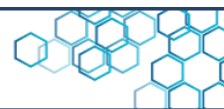
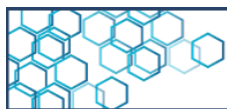
## 5. Conclusiones

- Se clasificaron los usos de finos de mineral de hierro, presentes en los documentos académicos y patentes seleccionadas, en los cuales se encontraron diez (10) diferentes usos: pellas frías, pellas metalizadas, briquetas para aglomerar, sinterizado compuesto de pellas, pellas de material reciclado, sinterizado de material reciclado, mezcla con minerales que contengan otro elemento distinto al hierro, usos de finos directamente, micrometalurgia y modificadores de escoria.



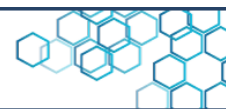
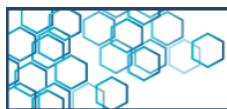
- El uso que se le puede dar a los finos de pella y otros subproductos, dependerá de las propiedades del subproducto siderúrgico, de la tecnología usada para producir acero, de los combustibles disponibles (coque metalúrgico, gas, carbón, coque de petróleo, finos de material carbonoso, etc) y de los otros componentes disponibles con que se mezclan los subproductos siderúrgicos, entre otros factores.
- Hacer uso de finos de pellas y otros subproductos siderúrgicos, conlleva a las siguientes ventajas: menor cantidad de mineral de hierro, por lo que disminuye el costo de producción y preserva por mayor tiempo los recursos naturales; disminución de la cantidad de desechos que se generan, disminución de los costos de eliminación de los mismos minimizando el impacto ambiental; los subproductos generalmente contienen alto contenido de hierro, por lo que su uso optimiza los procesos metalúrgicos y disminuye la cantidad de escoria producida.
- Entre los usos alternativos de finos de pella más factibles para ser aplicados en Venezuela, en función de la infraestructura siderúrgica del país, se proponen: pellas frías, pellas de material reciclado, briquetas para aglomerar, mezcla con minerales que contengan otro elemento distinto al hierro y modificadores de escoria.



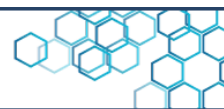


## 6. Bibliografía

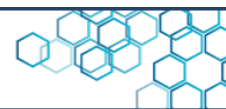
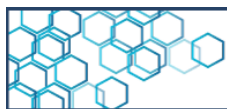
- [1]. World Steel Association. The White Book of Steel. Bruselas: World Steel Association; 2012. 53 p.
- [2]. World Steel Assotiation. Steel and raw materials. Bruselas: World Steel Assotiation; 2021 p. 2.
- [3]. World Steel Association. Steel Statistical Yearbook 2019. Vol. 1, Steel statistical yearbook 2019. Bruselas: World Steel Association; 2019 p. 42.
- [4]. Valery I, Garcia V, Flores E. Elementos Químicos y sus Recursos Minerales. Núñez O, editor. Caracas: Instituto Nacional de Geología y Minería / INGEOMIN; 2002. 198 p.
- [5]. Ternium. Procesos y Productos. Introducción a los Procesos y Productos de Sidor. Ternium; 2005 p. 184.
- [6]. Ferrominera C. Planta de Pellas “Hernán Quívera” Incrementa la Producción en Tiempos de Pandemia. Revista Mundo Ferrosiderúrgico. abril de 2021;4-13.
- [7]. Bhagat R (CSIR NML. Agglomeration of iron ores. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis; 2019. 416 p.
- [8]. Bellera Sosa B del M. Control del tamaño de las Pellas en la Planta de Pellas de Sidor , C.A. con Técnicas de Visión Artificial. Universidad de Los Andes Mérida; 2006.
- [9]. Dutta SK. Utilization of Iron & Steel Plant Wastes by Briquetting/Pelletization. IRON STEEL Rev. 2016;60(7):158-166.
- [10]. Halt JA, Roache SC, Kawatra SK. Cold bonding of iron ore concentrate pellets. Miner Process Extr Metall Rev. 2015;36(3):192-7.



- [11]. Aota J, Morin L, Zhuang Q, Clements B. Direct reduced iron production using cold bonded carbon bearing pellets Part 1 – Laboratory metallisation. 2006;33(5):426–428.
- [12]. Zhuang Q, Clements B, Aota J, Morin L. DRI production using cold bonded carbon bearing pellets Part 2 – Rotary kiln process modelling. Ironmak Steelmak. 2006;33(5):429–432.
- [13]. Nikai I. The use of iron ore fines in cold-bonded self-reducing composite pellets. University of Pretoria; 2015.
- [14]. Nikai I, Garbers-Craig AM. Use of Iron Ore Fines in Cold-Bonded Self-Reducing Composite Pellets. Miner Process Extr Metall Rev [Internet]. 2015;37(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/08827508.2015.1104506>
- [15]. Chokshi Y (University of B, Dutta SK (University of B. Production of Iron Ore-Coal Composite Briquette/Pellet by Using Fly-Ash and Other Binders. En: Proceeding of the international conference on science and technology of ironmaking and steelmaking [Internet]. Jamshedpur: CSIR-NML; 2013. p. 16–8. Disponible en: <http://eprints.nmlindia.org/7040>
- [16]. Jin C, Wang Z, Wu W, Liu S, Chen X, Liang K, et al. Special binder for converter fly ash cold-pressed pellets. China; 2021.
- [17]. Shuai L, Li H, Wu J. Technique for producing cold-bonded pellets from steel converter dust removal ash. China; 2016.
- [18]. Zhou W, Zang J, Jiang G. Production method of cold-bound pellets. China; 2021.
- [19]. Wang L, Guo P, Kong L, Lin W, Zhou Q. Utilization method of fine iron oxide red generated in hydrometallurgy process. China; 2022.



- [20]. Liu H. Self-reducing, cold-bonded pellets. EEUU; 2011. p. 9.
- [21]. Ghosh A, Chatterjee A. Ironmaking and Steelmaking: Theory and practice. PHI Learning Private Limited. Nueva Delhi; 2008. 481 p.
- [22]. Pal J, Ghorai S, Goswami MC, Ghosh S, Ghosh D, Bandyopadhyay D. Development of fluxed iron oxide pellets strengthened by CO<sub>2</sub> treatment for use in basic oxygen steel making. ISIJ Int. 2009;49(2):210-219.
- [23]. Abdelrahim A. Recycling of steel plant by-products by cold bonded briquetting. University of Oulu; 2018.
- [24]. Bizhanov A, Chizhikova V. Agglomeration in Metallurgy [Internet]. Gewerbestrasse: Springer; 2020. 454 p. Disponible en: <http://www.springer.com/series/11054>
- [25]. Kishore Das B, Mallick D. Briquetting of Iron Bearing Materials. National Institute of Technology Rourkela; 2015.
- [26]. Kumar DS, Sah R, Sekhar VR, Vishwanath SC, Sah R, Sekhar VR, et al. Development and use of mill scale briquettes in BOF. 2016;(April):1-6.
- [27]. Lohmeier L, Wollenberg R, Schröder HW. Investigation into the Hot Briquetting of Fine-Grained Residual Materials from Iron and Steel Production. Steel Res Int. 2020;91(12):1-10.
- [28]. Schütze WR. HBI - Hot Briquetting of Direct Reduced Iron. Technology and Status of Industrial Application. Köppern. Hattingen; 2014 p. 15.
- [29]. Hoffman GE, M MJ. Method of producing a metallized briquette. EEUU; 2004.
- [30]. Meynerts U, Maurer M, Freitas Seabra Da Rocha SH, Wirtgen C. Briquetting of mill scale [Internet]. EEUU; 2013. p. 5. Disponible en:



<https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/8444746>

[31]. Meynerts U, Freitas Seabra Da Rocha SH, Maurer M. Walzenzunderbrikettierung. Alemania; 2012. p. 6.

[32]. Pal J. Innovative Development on Agglomeration of Iron Ore Fines and Iron Oxide Wastes. Miner Process Extr Metall Rev. 2019; 40(4): 248–264.

[33]. Bang YH, Son Chang I. Mini-pellet manufacturing for reduced sulfur oxide and nitrogen oxide. Corea del Sur; 2007.

[34]. Bodino G, Bodino D. Procedimento Di Trattamento Delle Polveri Contenute Nei Fumi Di Acciaieria Con Produzione Di Ghisa. Italia; 2001. p. 12.

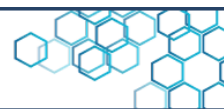
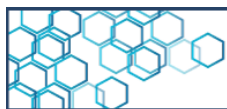
[35]. Son Chang I. Optimum granulation method of fine inplant by-product. Corea del Sur; 2006.

[36]. Umadevi T, Kumar MGS, Mahapatra PC, Babu TM, Ranjan M. Recycling of steel plant mill scale via iron ore pelletisation process. Ironmak Steelmak. 2009;36(6):409–415.

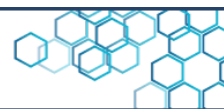
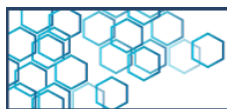
[37]. Rajshekar Y, Pal J, Venugopalan T. Mill scale as a potential additive to improve the quality of hematite ore pellet. Miner Process Extr Metall Rev. 2018;39(3):202–210.

[38]. Zhunusov A (Toraighyrov U, Kenzhebekova A (Toraighyrov U, Zhunusova A (Toraighyrov U. RECYCLING OF METALLURGICAL WASTES. Sci Technol Kazakhstan. 2021;4:59–66.

[39]. Fan Z, Qian Q, Zhang R, Song W. Preparation method of pellet adhesive. China; 2020.



- [40]. Ren T, Yang Q, Zhang W, Tang Z, Pan W, Zhang D, et al. Manufacturing method for cold-pressed pellets for steelmaking. China; 2017.
- [41]. Liu W, Yu H, Liu R. Method for producing high-strength pellets by using steel slag fine powder. China; 2022.
- [42]. Strüber G, Nouaille-Degorce G. Method of operating a pelletizing plant. Luxemburgo; 2018. p. 7.
- [43]. Dutta SK, Chokshi Y, Sompura N. Utilization of steel plants waste. Mater Sci Eng Int J. 2018;2(5):144–147.
- [44]. Kotraba NL, Holley CA. Direct reduction process and apparatus. Europa; 2003. p. 17.
- [45]. Xing ZX, Liu JS, Huang Z, Cheng GJ, Yang H, Xue XX. Research on the Enhanced Preparation Process for Pellets with Sea Sand Vanadium Titanomagnetite Smelting in the Blast Furnace. J Phys Conf Ser. 2022;2300(1):1–5.
- [46]. Zhang Y, Wu X, Niu H, Zhao M, Qing G, Zhao Z, et al. Study on Sinter Iron Ores and Titanium Ores Used in Pelletizing BT - Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2021. En: Li J, Zhang M, Li B, Monteiro SN, Ikhmayies S, Kalay YE, et al., editores. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 155–163.
- [47]. Mostaghel S, Cramer MH, Hernandez-Avila VH. Process and Apparatus for Producing High-Manganese Steels. Mundial; 2016. p. 29.
- [48]. Sun H, Wang J, Dong X, Xue Q. A Literature Review Of Titanium Slag Metallurgical Processes. Metal Int. 2012;37(7):49–56.



- [49]. Tang J, Zhang Y, Chu MS, Xue XX. Preparation of oxidized pellets with high chromium vanadium-titanium magnetite. Dongbei Daxue Xuebao Journal Northeast Univ. 2013;34(4):545-550
- [50]. Baogui G. Coke-free ironmaking process for titanium-containing magnet placer. China; 2010.
- [51]. Longkui J, Wensun G, Wenchao C, Qingchun L, Yong C, Guijun L, et al. Method for carrying out liquid steel vanadium alloying by pelletizing by using vanadium iron fine powder. China; 2012.
- [52]. Lang S (Metso O, Haimi T (Metso O, Köpf M (Metso O. Circored Fine Ore Direct Reduction Plus DRI Smelting: Proven Technologies for the Transition Towards Green Steel. En: Fiseha Tesfaye, Lei Zhang, Donna Post Guillen, Ziqi Sun, Alafara Abdullahi Baba, Neale R. Neelameggham, Mingming Zhang DEV and SA, editor. REWAS 2022: Energy Technologies and CO2 Management (Volume II) [Internet]. Turku: Springer; 2022. p. 176. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-92559-8>
- [53]. Huang X, Hwang JY. Novel Direct Steelmaking By Combining Microwave, Electric Arc, and Exothermal Heating Technologies. Vol. Final Tech, United StatesDepartmente of Energy. Steel is a basic material broadly used by perhaps every industry and individual. It is critical to our nation's economy and national security. Unfortunately, the American steel industry is losing competitiveness in the world steel production field. There: Michigan Technological University; 2005 p. 158.
- [54]. Cavaliere P. Flash Ironmaking. En: Cavaliere P, editor. Hydrogen Assisted Direct Reduction of Iron Oxides [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 339-57. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98056-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98056-6_9)

- [55]. Eron'ko SP, Gorbatyuk SM, Oshovskaya EV, Starodubtsev BI. A concept of micro-mill elaboration and development for low-quality burden and metal-containing wastes recycling. *Ferr Metall Bull Sci Tech Econ Inf*. 2019;75(9):1029–1036.
- [56]. Karbowniczek M. *Electric Arc Furnace Steelmaking*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis; 2022. 250 p.
- [57]. Huang G, Huang T, Mao P, Hu Z, Chen C, Chen G. Method adopting steel ladle casting residues and tailings for preparing high-aluminum slag modifier pellets and application thereof. China; 2016.
- [58]. Chen C, Huang G, Zhang H, Deng X, Hu Z. Slag foaming agent pellet and preparation and using method thereof. China; 2017.
- [59]. Schneider JC, Chorbajian E. LS-RIOR, a new ironmaking process utilizing low cost, high sulfur petroleum coke as reductant and energy source. *Ironmak Proc Met Soc AIME U S* [Internet]. el 1 de enero de 1984;43. Disponible en: <https://www.osti.gov/biblio/6319014>



Artículo de investigación

## Comportamiento eléctrico del coque de petróleo

María Specht <sup>1</sup> <sup>1</sup> Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), Caracas, Venezuela.

### Resumen

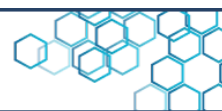
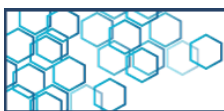
El coque de petróleo es un subproducto derivado de los procesos de mejoramiento y refinación del crudo de petróleo. Su aprovechamiento en Venezuela es limitado, mientras que en otros países se usa como generador de electricidad y vapor. Una potencial aplicación industrial en Venezuela podría ser como relleno de camas anódicas (*Backfill*) en sistemas de protección catódica por corriente impresa, sustituyendo el material importado. El objetivo de este artículo, es mostrar las propiedades eléctricas del coque de petróleo venezolano, comparando: i) el coque de petróleo venezolano verde, antes de calcinar (PAV); ii) el coque de petróleo calcinado (PAC) procesado en hornos de cocción estáticos; iii) el coque de petróleo importado (L); iv) el coque comercial nacional (D) que se usa en sistemas de protección catódica. A estos materiales se les hizo: a) caracterización morfológica mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB); b) análisis químico; c) determinación de la densidad, porosidad, granulometría y d) ensayo de resistividad eléctrica. Los resultados sugieren que el coque venezolano calcinado (PAC), tiene una composición química es similar al coque de petróleo importado (L) y su resistividad eléctrica es menor a 50  $\Omega$ .cm, haciéndolo adecuado para ser usado como material de relleno en camas anódicas y para sustituir las importaciones del *Backfill*.

**Recibido:** 15 de diciembre del 2024**Aceptado:** 6 de febrero del 2025**Publicado:** 6 de marzo del 2025**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.**DOI:** 10.5281/zenodo.14706817**\*Autor para correspondencia:**

María Isabel Specht

**e-mail:** [chabela.specht@gmail.com](mailto:chabela.specht@gmail.com)

**Palabras clave:** *Backfill*; Coque de Petróleo Calcinado; Coque de Petróleo Fluidizado; Coque de Petróleo Retardado; Material de Relleno en Lecho de Ánodos Sistemas de Protección Catódica con Corriente Impresa.



Research article

## Petroleum coke electrical behavior

María Specht <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), Caracas, Venezuela.

### Abstract

Petroleum coke is a by-product derived from the processes of improvement and refining of crude oil. Its use in Venezuela is limited, while in other countries it is used as a generator of electricity and steam. A potential industrial application in Venezuela could be as a backfill in cathodic protection systems by printed current, replacing imported material. The objective of this article is to show the electrical properties of Venezuelan petroleum coke, comparing: i) green Venezuelan petroleum coke, before calcining (PAV); (ii) calcined petroleum coke (PAC) processed in static cooking furnaces; (iii) imported petroleum coke (L); (iv) domestic commercial coke (D) used in cathodic protection systems. These materials were undergone: a) morphological characterization by Scanning Electron Microscopy (SEM); b) chemical analysis; c) determination of density, porosity, granulometry and d) electrical resistivity test. The results suggest that calcined Venezuelan coke (PAC) has a chemical composition similar to imported petroleum coke (L) and its electrical resistivity is less than 50  $\Omega$ .cm, making it suitable to be used as a filler material in anode beds and to replace imports of Backfill.

**Keywords:** Backfill; Calcined Petroleum Coke; Cathodic Protection Systems with impressed current; Delayed Coke; Filler Material for Anode Bed; Fluid Coke.



**Received:** December 15, 2024

**Accepted:** February 6, 2025

**Published:** March 6, 2025

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

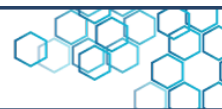
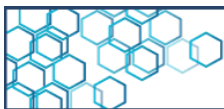
**DOI:** 10.5281/zenodo.14706817

**\*Corresponding author:**

María Isabel Specht

**e-mail:**

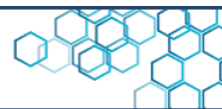
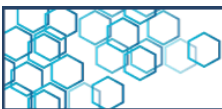
[chabela.specht@gmail.com](mailto:chabela.specht@gmail.com)



## 1. Introducción

El coque de petróleo, es un subproducto de la industria petrolera, que ha ganado interés en diversas aplicaciones [1], incluyendo el sector asociado con los sistemas de protección catódica por corriente impresa. Este artículo se refiere en una primera instancia, a las propiedades eléctricas del coque de petróleo, explorando su resistividad eléctrica para ser usado en camas anódicas como material de relleno, llamado también *Backfill* [2]. Estos componentes son utilizados en sistemas de protección catódica por corriente impresa, tecnologías diseñadas para prevenir la corrosión de estructuras metálicas, que se encuentran enterradas en suelos corrosivos, cuyas condiciones físico-químicas promueven el deterioro de la superficie de los materiales con quienes hay contacto electroquímico [2].

Los sistemas de protección catódica por corriente impresa se basan en el principio de proveer corriente a través de un ánodo hacia una estructura metálica, comportándose esta como un cátodo para así disminuir la velocidad de corrosión en la estructura metálica, fortaleciendo así su integridad mecánica. La eficiencia y el desempeño de este sistema lo determina principalmente el material de relleno (*Backfill*), el cual es de alto contenido de carbono cuyo objetivo es reducir la resistencia eléctrica del suelo y permitir una salida homogénea de la corriente, disminuyendo de este modo el desgaste del ánodo, prolongando así la vida del sistema de protección catódica [3]. El coque metalúrgico y el coque de petróleo pueden usarse como *Backfill* en estos sistemas y deben poseer una resistividad eléctrica



menor a 50 ohm.cm [3]. En Venezuela, el material de relleno anódico que se usa es coque metalúrgico importado.

Se ha planteado estudiar el uso del coque de petróleo venezolano, calcinado y sin calcinar, como *Backfill* para ver si pueden ser sustitutos de los coques actualmente importados, atendiendo la necesidad de fortalecer y estabilizar la cadena de suministro de materiales carbonosos para este tipo de sistemas en Venezuela.

Como marco teórico, la protección catódica es una tecnología utilizada para el control de la corrosión y fortalecimiento de la confiabilidad de integridad física de las estructuras metálicas enterradas en los suelos o sumergidas en ambientes acuosos que se comportan como electrolitos. Se fundamenta en aplicar una corriente eléctrica externa que reduce significativamente la corrosión del metal, haciendo que la superficie de éste funcione como cátodo [2, 3]. Esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se haga más electronegativo, mediante la aplicación de una corriente eléctrica directa proveniente de un rectificador para la protección catódica por corriente impresa o por medio de ánodos de sacrificio. Habitualmente se aplica a estructuras de acero, pero también, se usa en grado limitado en plomo, aluminio y otros metales. [3]

La estructura sujeta a corrosión siempre presentará en la superficie, áreas anódicas (donde se produce la oxidación) y áreas catódicas (donde se produce la reducción). En las áreas anódicas, la corriente fluye desde el metal hacia el electrolito (que puede ser suelo o agua) y el metal se corroe. En las áreas catódicas, la corriente fluye del electrolito hacia la superficie del metal, reduciéndose así la velocidad

de corrosión. Lo que se busca es que la estructura que se quiere proteger se convierta en un cátodo para evitar que se corroa rápidamente [4].

La protección catódica se alcanza cuando el potencial eléctrico del material se desplaza hacia la zona de inmunidad (desde la zona A hacia la B en la Figura 1), aquí el metal es termodinámicamente estable y no se corroe. Para lograr este desplazamiento al objeto que se corroe, se le aplica corriente directa o se une eléctricamente a un metal que sea más electronegativo según la serie electroquímica de los metales [5]. Para que el metal esté protegido catódicamente, el valor del potencial del electrodo tiene que quedar por debajo del potencial de corrosión del metal en la solución utilizada, de esta manera se evita la corrosión [4, 6, 7].

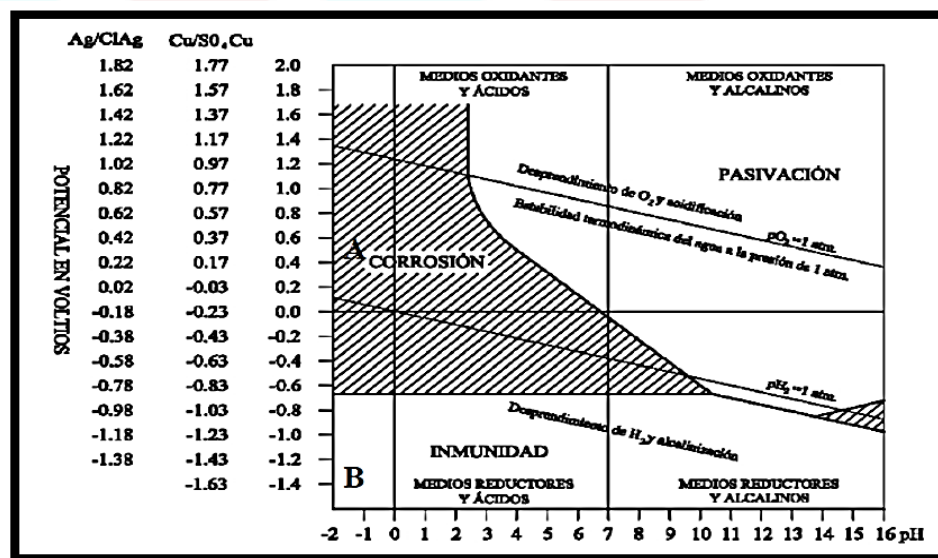
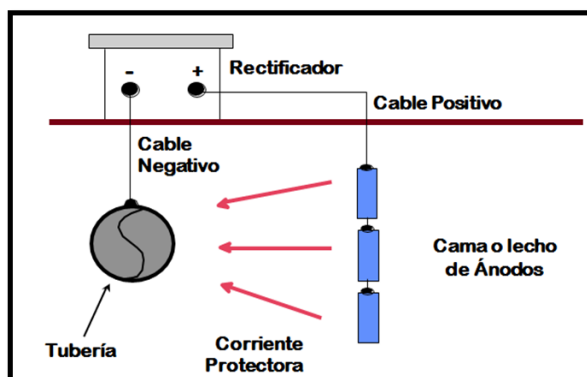


Figura 1. Diagrama de Pourbaix para el hierro [4, 6]

La protección catódica por corriente impresa necesita un equipo generador de electricidad que aporte la corriente necesaria para proteger la estructura metálica. Esta corriente eléctrica fluye a través de un electrodo, al ánodo y de éste al electrolito (suelo o agua) el cual hace que la corriente llegue a toda la estructura metálica (cátodo) que se va a proteger [3]. En la Figura 2, se muestra un montaje típico de un sistema de protección catódica por corriente impresa. En este caso, una tubería enterrada que se quiere proteger se conecta mediante un cable al polo o borne negativo de una fuente de alimentación de corriente continuo llamado rectificador. El polo o borne positivo se conecta con un cable a la cama de ánodos, estos pueden ser chatarra de acero, aleación de ferro silicio, grafito, titanio platinado, Óxidos de Metal Mezclados “(OMM)” que se encuentran rodeados del material de relleno o *Backfill*. De aquí fluye la corriente protectora hacia la tubería de la estructura que se intenta proteger a través del electrolito que es el medio agresivo (suelo o agua) y se completa el conjunto [4]. La eficiencia de la protección es mayor cuanto menor sea la resistencia eléctrica del suelo o agua existente en el lugar de la instalación y cuanto mayor sea la conductividad de los ánodos utilizados [7, 8]. Estos son materiales resistentes al desgaste, relativamente inertes y poseen una velocidad de corrosión muy baja [3].



**Figura. 2.** Esquema del montaje de un sistema de Protección Catódica por Corriente Impresa [8].

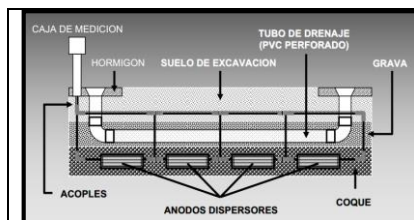


La Tabla 1, muestra los materiales típicamente utilizados en sistemas de protección catódica por corriente impresa.

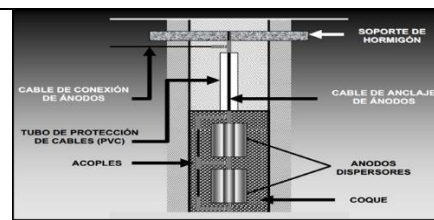
**Tabla 1.** Característica de los ánodos utilizados en protección catódica por corriente impresa [4, 8, 9]

Propiedades de los Ánodos	Chatarra de acero	Grafito	Ferrosilicio alto Si	Ferrosilicio aleado con Cr	MMO	Titanio platinado
Tasa de consumo Kg/A.Año	5 a 10	0,1 a 1	0,25 a 1	0,25 a 1	0,00001	0,00001
Densidad de corriente A/m <sup>2</sup>	1 en relleno carbonoso	10 a 40	de 10 a 100	de 10 a 100	50 en relleno carbonoso y 600 en agua de mar	700 a 1100
Densidad del ánodo g/cm <sup>3</sup>	7	1,6	7	7	4,5	4,5
Ambiente de uso	Agua de mar, suelo y agua dulce	Suelo y agua de mar	Agua dulce y suelo	Agua de mar y suelo	Suelo y agua de mar	Agua de mar y dulce y suelo
Relleno carbonoso	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Generalidades	Son los más económicos, el ánodo es consumible, se utilizan en suelos de alta resistividad.	Son frágiles y difíciles de transportar, al entrar en contacto con el relleno carbonoso quien se consumen en el relleno y ni el ánodo, se utiliza en terrenos de resistividad media	Pueden tener hasta 1,5 metros de longitud, son frágiles, trabajan en cualquier ambiente con bajo contenido de cloruros	Son utilizados en medios con alto contenido de Cl, debido a su resistencia a la corrosión, son frágiles.	Fabricados con cuerpos de Niobio o Titanio a los que se les agregan capas de óxidos de In, Ir, Ta. Tienen alta conductividad y muy buena conductividad térmica.	Indicado especialmente para agua de mar, su desgaste es apenas perceptible, la tensión utilizada no puede pasar los 12 V, debido a que puede desprender la capa de óxidos de Titanio

Los ánodos se encuentran instalados en camas anódicas, horizontales o verticales, según las necesidades del diseño del sistema, ver Figuras 3 y 4.



**Figura 3.** Esquema de una típica cama de ánodos horizontal [10]



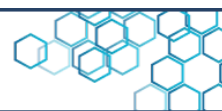
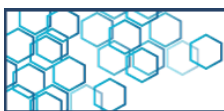
**Figura 4.** Cama o lecho de ánodo vertical profunda [2, 3, 8]



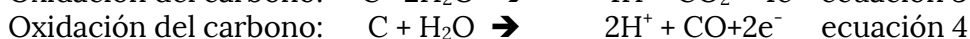
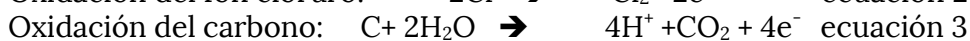
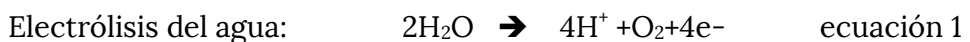
Las camas anódicas horizontales son utilizadas cuando la resistividad eléctrica del suelo en sus capas superiores es baja, se construye en una zanja de 0,3 a 0,5 m de ancho por 1,5 a 1,8 m de profundidad. En el fondo de la cama se deposita el material *Backfill* cuya granulometría varía entre 5 y 15 mm y el resto se rellena con material del suelo previamente extraído durante la excavación, aquí los ánodos se conectan en paralelo (ver Figura 3) [3, 8, 10]. Las camas anódicas verticales de pozo profundo son utilizadas cuando la resistividad eléctrica en las capas superiores, cercanas a la superficie del suelo, es elevada y disminuye gradualmente con la profundidad del mismo. Esta configuración se recomienda en áreas pobladas o donde hay otras estructuras metálicas adyacentes que pueden ocasionar interferencias eléctricas. El pozo que se hace es de 0,3 a 0,4 m de diámetro por 50 a 100 m de profundidad. Los ánodos se conectan en serie, como una sarta conectada por cables de soporte anclados en el tope del pozo [1, 2, 11] tal como se aprecia en la Figura 4. El espacio libre entre los ánodos y el pozo se rellena con *Backfill*, el tope se cubre con material del suelo. En la Tabla 2, se muestran los materiales de relleno (*Backfill*) usados típicamente.

Tipo de cama anódica	Material de Relleno	Características del material carbonoso	Ventajas
<b>Horizontal</b>	Coque metalúrgico o coque de petróleo retardado calcinado	Partículas no esféricas. Mayor contenido de finos.	El grado de compactación entre las partículas del material es mayor debido a que la morfología de las partículas favorece el atrape de los gases producidos. Por dicha característica no se recomiendan este tipo de materiales para camas anódicas profundas.
<b>Vertical de pozo profundo</b>	Coque de petróleo fluido calcinado.	Morfología esférica de las partículas. Tamaño promedio de partícula de 1mm de diámetro.	Estas características permiten formar una suspensión que es bombeada por un tubo de abajo hacia arriba para formar la columna de material carbonoso, al sedimentar, las partículas quedan compactadas fuertemente alrededor del ánodo formando la columna de material de relleno. Las partículas esféricas aumentan la cantidad de espacios vacíos entre las partículas permitiendo la salida de los gases producidos durante la reacción de oxidación del coque.

**Tabla 2.** Tipo de material carbonoso de relleno recomendado según el tipo de cama anódica en el sistema de protección catódica por corriente impresa [3, 12, 13]

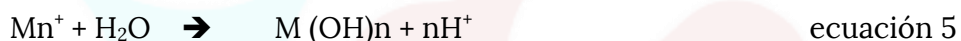


El *Backfill*, tiene como función servir como superficie primaria en donde se producirán las reacciones electroquímicas que se muestran en las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 [3]:



Estas reacciones ocurren en la superficie externa del *Backfill*, siendo el ánodo el contacto eléctrico del *Backfill* [3, 14]. Los gases e iones de hidrógeno generados ocasionan una disminución en el pH del medio [14].

En el caso de la disolución del metal anódico, el ion metálico reacciona con el agua del electrolito para producir un hidróxido del metal más iones de hidrógeno, ecuación 5.



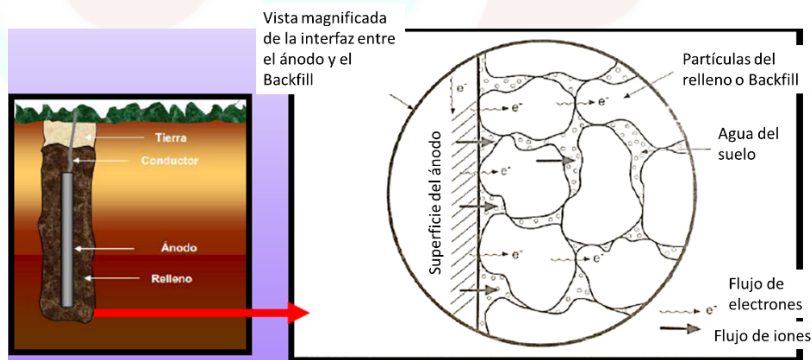
Por otra parte, el cloro que se produce en la reacción de oxidación del ion cloruro reacciona con el agua para formar ácido clorhídrico e hipocloroso, ecuación 6.



Por lo tanto, los materiales con los que se hacen los ánodos y el cableado del sistema de protección catódica deben ser resistentes al ataque químico tanto de los gases como de los ácidos que se generan de estas reacciones.

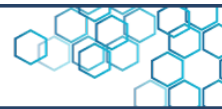
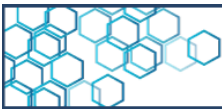
Los gases producidos influyen en el desempeño del sistema de protección catódica, por lo que debe considerarse un sistema de ventilación en el diseño de la protección catódica. La acumulación de gases en la superficie del ánodo en contacto con el *Backfill* se llama gas de bloqueo, provoca el incremento de la resistencia eléctrica en contacto y la descarga de la densidad de corriente del ánodo.

Los problemas con el gas de bloqueo pueden reducirse limitando la descarga de la densidad de corriente del ánodo, para esto es necesario seleccionar un *Backfill* de alta conductividad eléctrica. Debido a la presencia de agua, la corriente anódica fluye a través de las partículas del *Backfill* (camino electrónico) y a través del agua contenida en los intersticios del relleno (camino iónico) [11], como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** Esquema del flujo de electrones e iones entre la interfaz del ánodo y del *Backfill* [8].

El *Backfill* se coloca alrededor de los ánodos con los siguientes propósitos: a) para que este material se consuma en vez de los ánodos, ya que la corriente es transmitida del ánodo hacia el *Backfill* por contacto directo; b) teniendo el *Backfill* una baja resistividad eléctrica,



se puede incrementar el tamaño del ánodo, resultando la reducción de la resistencia eléctrica con el suelo; c) mantener la estabilidad mecánica del pozo en el caso de camas anódicas verticales; d) si el *Backfill* es de alta conductividad eléctrica, el ánodo funciona principalmente como fuente conductora de electricidad; e) promover el desgaste homogéneo del ánodo; f) permitir una salida uniforme de la corriente eléctrica desde el ánodo hacia la estructura que se va a proteger y g) a través del *Backfill*, la corriente eléctrica se transmite desde la superficie anódica hacia el electrolito (suelo o agua) donde la reacción electroquímica puede ocurrir con el menor impacto en el rendimiento anódico.

Es importante destacar que la resistividad eléctrica del *Backfill* o material de relleno, dependerá de la morfología y tamaño de las partículas, su resistividad intrínseca y el contacto que exista entre dichas partículas [8]. A continuación, se presentan como antecedentes algunos trabajos realizados en esta línea de investigación.

En el pasado, Bianchi [15], ha planteado el uso de un material de relleno compuesto de grafito, coque metalúrgico y coque de petróleo con tamaño de partícula menor o igual a 10 mm, mezclado con un material aglutinante en una proporción inferior al 10 %, dentro de una carcasa flexible que actúa como soporte anódico en una estructura para protección catódica por corriente impresa.

Specht [16], midió la resistividad eléctrica del Flexicoque que es un coque de petróleo fluido proveniente de las unidades de flexicoquización de la refinería de Amuay de Petróleos de Venezuela (PDVSA), usando la técnica para medir resistividad eléctrica en suelos, con miras a usarlo como material de relleno en camas anódicas, pero los estudios indicaron que este material presentaba muy alta resistividad eléctrica, por lo que era muy poco conductor, descartándose su aplicación como material *Backfill*.

Tatum [11], evaluó la conductividad eléctrica de mezclas de cemento portland en proporción 30 a 50 %, coque de petróleo (diámetro de partícula  $< 1,18$  mm) en proporción 50 a 70 % y grafito de alta pureza de 0,05 % a 5,0 % para emplearlo como relleno en camas anódicas. El tamaño de partícula de este compuesto era  $< 0,03$  mm en el 99,8 % de la muestra y el tamaño de partícula del grafito era en su mayoría 0,06 a 0,14 mm. Esta mezcla estaba combinada con agua para obtener un fluido a ser bombeado en el lecho vertical de la cama anódica.

Hernández y colaboradores [14], desarrollaron el estudio titulado “Comportamiento electroquímico de coques metalúrgicos para la protección catódica”, en donde evaluaron el desempeño del coque metalúrgico como *Backfill* en los sistemas de protección catódica por corriente impresa, concluyendo que los coques empleados deben tener una resistividad eléctrica  $< 50$  ohm.cm.

## 2. Metodología

Para evaluar las características físico-químicas de los materiales carbonosos, se determinó la composición química, densidad, porosidad, granulometría, análisis químico y el morfológico de las muestras cuya identificación se presenta en la Tabla 3. En la Figura 6, se aprecia la apariencia de estos materiales tal como fueron recibidos.

Tabla 3. Identificación de las muestras evaluadas.

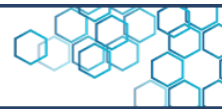
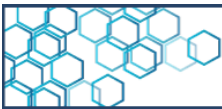
Descripción	Procedencia	Condición	Código
Coque de petróleo retardado venezolano	Mejorador de crudo extra-pesado	Sin calcinar	PAV

	Petro San Félix	Calcinado	PAC
Descripción	Procedencia	Condición	Código
Producto comercial para relleno anódico importado	Proviene de Estados Unidos (Marca LORESCO)	Sin modificación	L
Producto comercial nacional. Relleno anódico de baja resistividad	Industria Nacional (DIPROCAVE)	Sin modificación	D



**Figura 6.** (a) Coque de petróleo importado Loresco (L); (b) Coque de petróleo venezolano calcinado en las instalaciones de CVG Carbonorca (PAC) y (c) Coque comercializado en Venezuela como material de relleno o *Backfill* suministrado por la empresa DIPROCAVE.

El porcentaje de carbono fijo se obtuvo considerando la cantidad de carbono presente luego de extraer la humedad, materia volátil y cenizas, sin tener en cuenta los valores de impurezas como el Azufre o Vanadio. El contenido de Vanadio, Níquel, Hierro, Calcio, Sodio y Azufre, se obtuvo usando la técnica de Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X (FRX) utilizando un equipo marca Philips modelo PW1400. Para determinar el porcentaje de porosidad, la densidad de bulto o a granel (bulk density) y la densidad esquelética del coque, se utilizó la técnica de intrusión de mercurio, considerando las muestras molidas colocadas en un penetrómetro donde se inició un barrido de presión desde 8,70 a 60.000 psig para provocar la

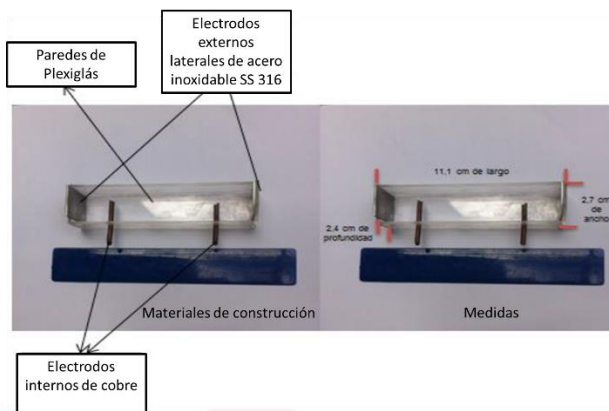


penetración del mercurio en los poros del coque. El ensayo se hizo en un equipo modelo Micromeritics Autopore 4.

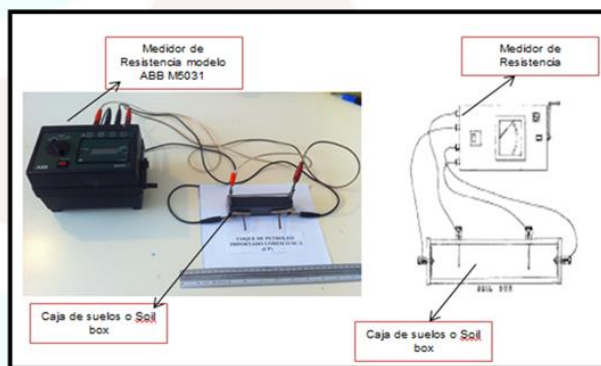
La densidad real de las muestras de materiales carbonosos se hizo considerando la norma ASTM D2638-10 “densidad real del coque de petróleo calcinado mediante el picnómetro de helio”. Este ensayo se hizo para identificar la variación de la densidad y su influencia sobre la resistividad eléctrica de los coques, dado que una partícula densa facilita el flujo de electricidad. La evaluación morfológica de las partículas se hizo mediante la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), se usó un equipo marca FEI, modelo Quanta FEG 250, equipado con un filamento de Hexaboruro de Lantano (LaB6). Las muestras se molieron para lograr un tamaño de partícula similar al del coque importado Loresco (L). Se utilizó un molino de bolas de alúmina con una capacidad de 5 litros y se utilizó una velocidad de molienda ( $V_c$ ) de 50 rpm, la molienda duró alrededor de 3 horas. El material fue tamizado con una malla #4 (4,75 mm).

Para determinar la resistividad eléctrica de las muestras carbonosas, se utilizó el método de 4 pines de Wenner, según la norma ASTM G57, empleando una Caja de Suelos (Soil Box) [16] adaptada a las condiciones de espacio y materiales disponibles, tomando en consideración la norma ASTM G18, ver Figura 7. La resistividad eléctrica se hizo usando un equipo marca ABB, modelo M5031. El montaje utilizado y el esquema del montaje típico se observa en la Figura 8.





**Figura 7.** Esquema de la caja de suelo (Soil Box) diseñada tomando en consideración la norma ASTM G18.



**Figura 8.** Esquema del montaje del equipo para la medición de la resistividad, esquema según norma ASTM G-57 (lado derecho) y montaje que se realizó para los ensayos (lado izquierdo).

Se asumió que ocurre un cambio de corriente ( $\Delta I$ ) cuando esta fluye a través de los electrodos internos de la caja y pasa a través de la muestra, causando una caída de voltaje  $\Delta V$  que se mide mediante los electrodos de cobre. La Ley de Ohm, establece que la resistencia de la muestra será  $\Delta V / \Delta I$ . Considerando que la unidad de la corriente es Amper (A) y la del voltaje (V) es Voltios, la unidad de la Resistencia será ohmios ( $\Omega$ ). La resistividad eléctrica de la muestra se calculó considerando la ecuación 7:

$$\text{Resistividad eléctrica} = [At/P \text{ (cm)}] * \text{Resistencia } (\Omega)$$

ecuación 7

El factor  $(At)/P$ , se obtuvo de las dimensiones de la caja de suelos construida y representa el área de la sección transversal de la caja ( $At$ ) y el valor de la separación de los pines ( $P$ ) todo medido en cm [17]. La medición de la resistividad eléctrica del *Backfill* se hizo en dos condiciones: a) sin compactación y b) compactando el material aplicando la fuerza constante de compresión a través de un bloque de cemento.

### 3. Análisis y Discusión de Resultados

La caracterización morfológica por MEB se hizo a través de imágenes de electrones secundarios obtenidas a diferentes magnificaciones (100X hasta 6000X). En las Figuras 9 y 10, se aprecia la morfología de las partículas del coque de petróleo retardado venezolano antes de calcinar (muestra PAV) y las del coque comercializado en el país por la empresa DIPROCAVE (muestra D). La configuración de las partículas de las muestras PAV y D, sugieren que estos materiales no provienen de procesos de craqueo térmico en lechos fluidizados.

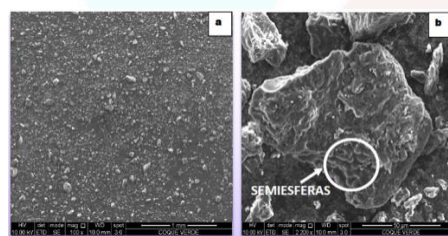


Figura 9 a y b. Imágenes de electrones secundarios obtenidas por MEB, destacando la morfología de la muestra PAV a) vista general y b) el detalle de las partículas de forma irregular, con semiesferas en la superficie, típica de un coque de petróleo derivado de la coquificación retardada antes de ser calcinado.

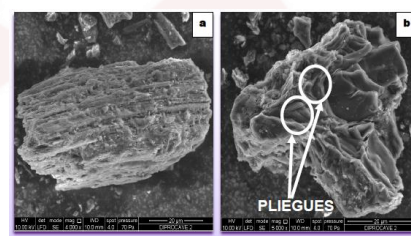
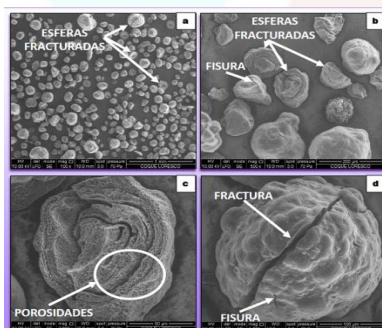


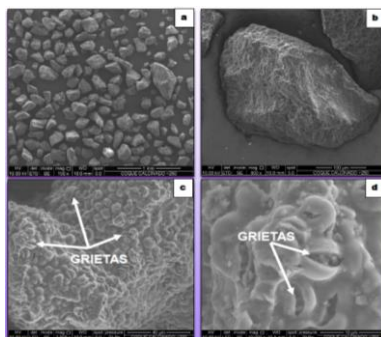
Figura 10 a y b. Imágenes de electrones secundarios obtenidas por MEB, destacando la morfología en vista general (a) de la muestra D, y el detalle de las partículas de forma irregular, con pliegues en forma de hojaldre (b).

Por otro lado, las partículas de la muestra L son esferas de estructura tipo cebolla que cubren un núcleo o semilla tal como se destaca en la Figura 12 a y b. Esta configuración es característica de coques de petróleo que se derivan del craqueo térmico de hidrocarburos pesados en lecho fluidizado [1]. También se aprecia esferas fracturadas, con grietas y alta porosidad (ver Figura 11 a, b, c y d), posiblemente por el proceso de calcinación que implica salida de materia volátil, deshidrogenación y desulfuración, aunque se detecta aún un alto contenido de azufre en la muestra.

En la Figura 12, se presentan las imágenes de electrones secundarios del coque de petróleo retardado venezolano que se deriva de procesos de conversión térmica de hidrocarburos pesados y extra-pesados en lechos estáticos. El material PAC fue calcinado en los hornos estáticos de cocción de la empresa CVG CARBONORCA [1]. Aquí se aprecia que la morfología de las partículas es angular e irregular, la superficie de las mismas presenta conglomerados de esferas con grietas, producto también de la salida de materia volátil, deshidrogenación y desulfuración durante la calcinación.



**Figura 11 a, b, c y d.** Imágenes de electrones secundarios obtenidas por MEB, destacando la morfología de la muestra L importada, redondeada en forma de cebolla típica de un coque de petróleo derivado de la coquificación fluida, después de ser calcinada.



**Figura 12 a, b, c y d** Imágenes de electrones secundarios obtenidas por MEB, destacando la morfología de la muestra PAC, típica de un coque de petróleo derivado de la coquificación retardada (lecho estático), después de ser calcinada.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis químico de las muestras evaluadas L, D, PAV y PAC. También se presentan los valores indicados en los certificados de calidad de las muestras L y D, así como, los valores de referencia para material de relleno (*Backfill*) usado en las camas anódicas. En la columna Coque para *Backfill* de la referida tabla, se indican los valores criterio establecidos para el coque a ser empleado como rellenos anódicos o *Backfill* en sistemas de Protección Catódica (PC) [3]. En la columna Coque L certificado, se indican los valores del certificado de calidad que vino con el material importado

En la columna Coque D certificado, se indican los valores del certificado de calidad emitido por la empresa DIPROCAVE al momento de comprar el material en el país. En la referida Tabla, se puede apreciar que el análisis químico de los materiales (PAC) y (L) es similar. El contenido de carbono es 98,71 % y 98,65 % respectivamente. El contenido de materia volátil de PAC y L están por debajo de 1,5 % y el contenido de cenizas está por debajo de 0,64 %. Estos valores cumplen con el requerimiento mínimo estipulado para el *Backfill*. El contenido de cenizas y materia volátil sugiere que los materiales L y PAC han sido calcinados. Por otro lado, el análisis químico para la muestra D (material suministrado por DIPROCAVE) no cumple con los valores de referencia para materiales *Backfill*. Igualmente se observa que el contenido de carbono fijo y el de azufre no son similares a los expresados en el certificado de calidad de la referida muestra. La concentración de otros elementos tales como

Vanadio (V), Níquel (Ni), Silicio (Si), Calcio (Ca) y Hierro (Fe) no están establecidos en los criterios para materiales usados como *Backfill*, ni tampoco se refleja en los certificados.

**Tabla 4.** Resultados de los análisis químicos

Ítems	Coque para Backfill	Coque L Certificado	Coque D Certificado	Coque L	Coque D	Coque PAV	Coque PAC
Carbono fijo (%)	90	99,35	95	98,65	81,77	83,78	98,71
Azufre (%)	3,5	-	0,3	4,16	1,69	4,65	3,12
Cenizas (%)	3	0,6	5	0,34	29	0,6	0,64
Materia Volátil (%)	1,5	0,0	5	0,77	3,81	15,5	0,51
Humedad (%)	10	0,05	-	0,24	0,25	10	0,13
Vanadio (%)	-	-	-	0,044	0,033	0,2	0,234
Níquel (%)	-	-	-	0,119	0,00	0,04	0,066
Sodio (%)	-	-	-	0,013	0,53	0,0084	0,013
Calcio (%)	-	-	-	0,010	0,16	0,006	0,026
Hierro (%)	-	-	-	0,051	3,32	0,0015	0,019

En cuanto a la densidad real, los valores obtenidos para las muestras L y PAC se aprecian en la Tabla 5, donde se observa que se encuentran en el intervalo recomendado [13]. Es importante destacar que la densidad real es determinante para medir el grado de calcinación del coque de petróleo y tiene influencia sobre su resistividad eléctrica.

**Tabla 5.** Resultados de la medición de densidad real

Densidad real de referencia (g/cm3)[13]	Densidad Real (g/cm3)	
	Muestra L	Muestra PAC
1,90-2,07	1,90 +/- 0,01	2,01 +/- 0,01

También se denota que el desempeño de la cama anódica depende de la densidad a granel o (bulk density) del *Backfill*. Los valores de densidad a granel (Bulk Density), densidad esquelética o aparente y de porosidad obtenidos mediante la técnica de intrusión de mercurio, se presentan en la Tabla 6 para las muestras L y PAC. Esta variable debe estar en el intervalo 1,06 a 1,18 g/cm<sup>3</sup> para asegurar un buen contacto entre las partículas, ya que mientras menos espacios vacíos haya entre las partículas, habrá menor resistencia eléctrica en el lecho y por ende una baja resistividad eléctrica y un bajo consumo homogéneo del ánodo, esto también depende de la distribución granulométrica y la densidad a granel [17]. En esta tabla se aprecia que la densidad a granel del PAC está justo en el límite superior del intervalo establecido (1,18 g/cm<sup>3</sup>), mientras que el material L está fuera del intervalo (0,732 g/cm<sup>3</sup>), aunque su certificado de calidad especifica 1,18 g/cm<sup>3</sup>.

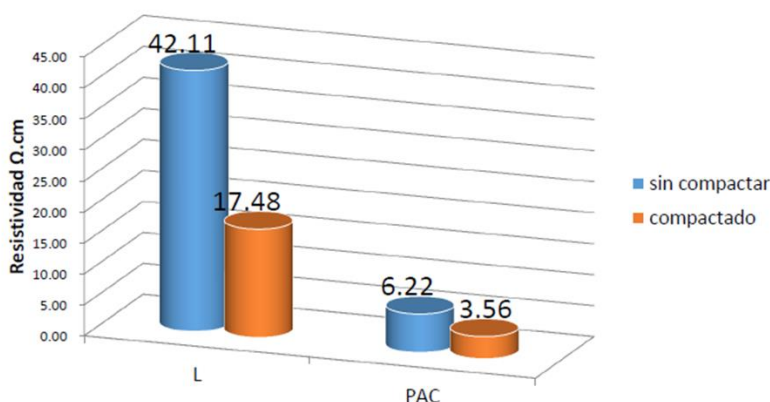
**Tabla 6.** Resultados de la densidad a granel, densidad aparente y porosidad para las muestras L y PAC

Referencias /Muestras	Densidad de Bulto (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Aparente o esquelética (g/cm <sup>2</sup> )	Porosidad (%)
Criterios [13]	1,06 a 1,18	No definida	No definida
Certificado de Muestra L	1,18	-	-
Muestra L	0,732	2,2861	67,96
Muestra PAC	1,180	1,4516	18,65

Las propiedades de densidad aparente y porosidad no están definidas en los criterios de selección de materiales *Backfill*, pero estos parámetros tienen influencia en la resistividad eléctrica [14]. La densidad aparente en el material L es 1,57 veces mayor que PAC y la



porosidad del material L es 3,64 veces mayor que PAC (ver Tabla 6). Una alta porosidad implica una baja superficie de contacto entre partículas por la presencia de muchos espacios vacíos, lo que dificulta el paso de corriente entre ellas. Esto sugiere que el PAC podría tener menor resistividad eléctrica que L y, por ende, ser un material más adecuado como relleno en camas anódicas. Es importante destacar que el requerimiento mínimo para que el coque de petróleo sea usado como relleno en camas anódicas, es que su resistividad eléctrica sea menor o igual a  $50 \Omega \cdot \text{cm}$  [14]. Los resultados de la medición de la resistividad eléctrica de los coques se presentan en la Figura 13, para los materiales L y PAC en su granulometría original antes y después de ser compactados con un peso de 3Kg. Aquí se aprecia que la compactación disminuye la resistividad eléctrica en un factor de 2,4 para el material L y 1,7 para el material PAC.

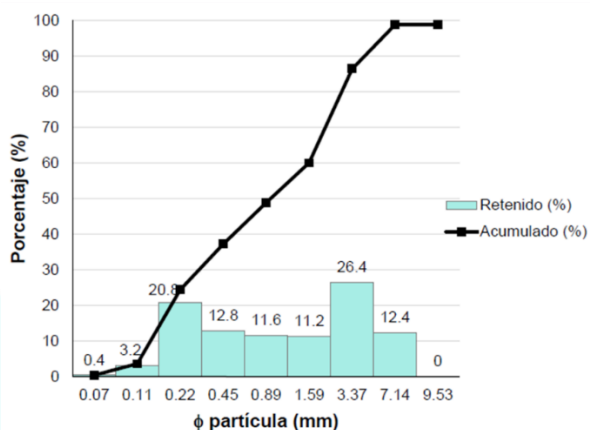


**Figura 13.** Efecto de la compactación en la resistividad eléctrica de los materiales L y PAC.

El material PAC se molió y los resultados de su distribución granulométrica después de la molienda se muestran en la Figura 14, la

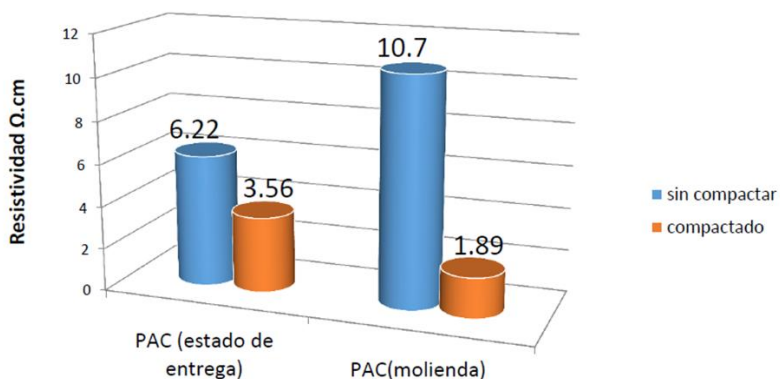


cual sugiere que el tamaño de las partículas estaba en un intervalo entre 0,22 a 3,37 mm.

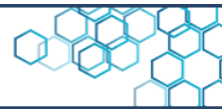
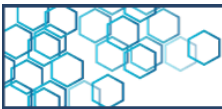


**Figura 14.** Distribución granulométrica después de la molienda del material PAC.

En la Figura 15, se observa el efecto que tiene la molienda y la compactación sobre la resistividad eléctrica en un mismo material PAC. Aquí se aprecia que la resistividad eléctrica en el material PAC molido al ser compactado por un peso de 3Kg, disminuyó 1,88 veces.



**Figura 15.** Efecto de la molienda y la compactación sobre la resistividad eléctrica en un mismo material PAC.



## 4. Conclusiones

La caracterización morfológica por MEB de las partículas de las muestras ensayadas, permitió distinguir aquellas que se derivan de procesos de craqueo térmico de hidrocarburos pesados y extra pesado en lechos estáticos y fluidizados, apreciándose además la generación de grietas producto de la calcinación.

La caracterización química de los coques permitió determinar que el coque de petróleo calcinado (PAC) tiene una composición química similar al coque de petróleo calcinado importado Loresco (L).

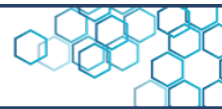
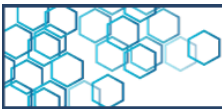
La densidad del coque de petróleo calcinado (PAC) es mayor que la densidad del coque importado (L), lo que hace que la resistividad del PAC sea menor que la resistividad eléctrica del L.

El material PAC presenta menor porosidad que el L, el cual puede ser un factor de influencia en la resistividad eléctrica.

El coque (PAC) exhibe menor resistividad eléctrica que el coque (L), indicando que el primero se encuentra dentro de los valores establecidos como criterio de selección para materiales carbonosos de relleno, es decir, menor a 50  $\Omega \cdot \text{cm}$

Se observó que al disminuir el tamaño de partícula y compactar la muestra (PAC), la resistividad eléctrica disminuye posiblemente debido al aumento de la interacción partícula-partícula.

La resistividad eléctrica del coque depende directamente de la composición química, la granulometría, la densidad, porosidad y los parámetros



El PAC es un material que puede ser considerado como relleno en camas anódica en sistemas de protección catódica por corriente impresa, como sustituto del material tradicionalmente importado (L).

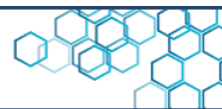
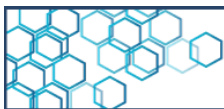
Este estudio contribuye a desarrollar una metodología de evaluación sistemática del coque de petróleo para su utilización como rellenos en camas de ánodos para su aplicación en la protección catódica por corriente impresa.

## **5. Recomendaciones**

Se recomienda realizar un montaje en campo para validar el desempeño de la cama anódica utilizando como material de relleno el coque de petróleo venezolano calcinado (PAC), por un periodo de tiempo prolongado.

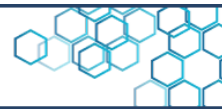
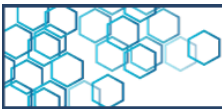
Dado que se plantea la calcinación del coque de petróleo para su uso como relleno anódico y otras aplicaciones tecnológicas se recomienda desarrollar estándares para el proceso de calcinación y procedimientos de certificación de calidad de la materia prima, tomando en cuenta el coque que se está calcinando en las instalaciones de CVG CARBONORCA en Guayana.

Es necesario tener procedimientos y mejores prácticas para la evaluación del material que se usa como relleno anódico en sistemas de protección catódica de corriente impresa en el país.



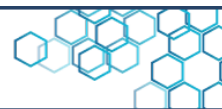
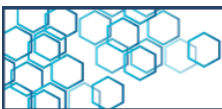
## 6. Referencias

- [1]. Specht MI. Panorama del Coque de Petróleo al 2023. Ciencia en Revolución. 2022; 8 (23): enero-abril. Disponible en: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7352686>
- [2]. Peabody AW. Control of Pipeline Corrosion. 2ª ed. Texas, USA: NACE International; 2001.
- [3]. Ávila J, Genésca J. Más allá de la herrumbre II. La lucha contra la corrosión. 2ª ed. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; 1996. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/htm/masallla.htm>
- [4]. Uhlig HH. Corrosión y Control de Corrosión. España: Ediciones Urmo, S.A.; 1979. ISBN-10: 8431401494; ISBN-13: 978-8431401498.
- [5]. ECURED. Serie Electroquímica [Internet]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Serie\\_electroqu%C3%ADmica](https://www.ecured.cu/Serie_electroqu%C3%ADmica)
- [6]. Rosas M. Selección y diseño de un sistema de protección catódica para tuberías enterradas en el centro operacional BARE, el Tigre, Edo. Anzoátegui. Informe de pasantías. Universidad Simón Bolívar, núcleo Sartenejas. Miranda, Venezuela; 2012. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000153839.pdf>
- [7]. Marín M. Fundamentos básicos de la protección catódica, curso de protección catódica. Instituto Universitario de Tecnología Doctor Federico Rivero Palacio, Miranda; 2013.
- [8]. Cetrex PDVSA Gas. Protección catódica por corriente impresa. Capítulo 3 [Internet]. Disponible en:



<http://slideplayer.es/slide/5653083/>

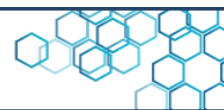
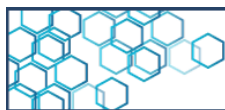
- [9]. ©NACE International 2006. CP2-Cathodic Protection Technician. Manual del Curso. Julio 2009 [Internet]. Disponible en: [https://www.academia.edu/38820821/CP\\_2\\_Cathodic\\_Protection\\_Technician\\_Manual\\_del\\_Curso](https://www.academia.edu/38820821/CP_2_Cathodic_Protection_Technician_Manual_del_Curso).
- [10]. Lewis TH Jr. Deep Anode Systems: Design, Installation, and Operation. ©NACE International; 2008. Páginas 29-37, 48.
- [11]. Tatum J Jr. Composición de backfill de electrodos de suelos para camas anódicas. Patente de Estados Unidos. Nro. 5,026,508. 1991 [Internet]. Disponible en: <http://www.google.com/patents/US5026508>
- [12]. Torres E. Camas Anódicas Profundas 83. Mayo 12, 2021 [Internet]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/507702867/Camas-anodicas-profundas-83>.
- [13]. PML Cathodic Protection. Carbonaceous Backfill Datasheet. 2015 [Internet]. Disponible en: <http://pipelinemaintenance.co.uk/data/Carbonaceous%20Backfill.pdf>
- [14]. Hernández Puerto YR, Triviño Restrepo MP. El coque metalúrgico aplicado a la protección catódica. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 2007; 10 (20):60-67. Colombia.
- [15]. Bianchi G. Ánodo de suelo empaquetado con backfill en una estructura flexible para protección catódica por corriente impresa. Patente de Estados Unidos. 4, 544, 464. 1985 [Internet]. Disponible en: <http://www.google.com/patents/US4544464>



- [16]. Specht MI. Flexicoque de lecho (de bajo contenido de Vanadio y Níquel) como relleno para lecho de ánodos de corriente impresa. Informe de PDVSA-INTEVEP. 1990. Los Teques, Miranda, Venezuela.
- [17]. M.C. Miller Co., Inc. Suggested procedure for using M.C. Miller Co., Inc. Soil Box. Instrument and equipment for corrosion engineers. MCM MC Miller catalog [Internet]. Disponible en: <https://documents.mcmiller.com/documents/manuals/misc/Soilbox%20Procedures.pdf>

## 7. Agradecimientos

La autora agradece el apoyo y el valioso aporte en las discusiones de este trabajo a las ingenieras: Ana Rivas; Yosselyn Rodríguez y Grecia Sanabria de la Universidad Nacional Experimental del Transporte (UNETRANS).



Artículo de Divulgación

## Diseño y construcción de trampa de luz para palometas peludas

Orlando Villarroel\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones de Venezuela

### Resumen

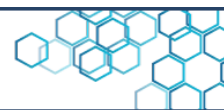
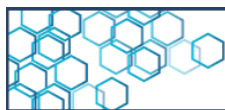
En Venezuela existen diversas plagas que suelen ser desconocidas para las personas que no habitan en los lugares cercanos a su presencia, una de ellas es la palometa peluda (*Hylesia metabus*), la cual afecta al oriente del país principalmente a los estados Sucre, Monagas y Delta Amacuro. Por tal motivo, el presente artículo presenta el diseño y construcción de un prototipo de trampa de luz para palometas peludas. Este prototipo consta de tres (3) partes: la trampa de luz (para atraer mediante la luz a las palometas), el soplador (para succionar a las palometas atraídas por la luz) y la cámara de sedimentación (para aniquilar y contener el cuerpo de las palometas). La finalidad de la trampa de luz para palometas peludas es atraer la mayor cantidad posible de palometas y evitar que lleguen a zonas pobladas ya que son dañinas para el ser humano y limitan el estilo de vida de las personas. A su vez, la captura de las palometas permite llevar un control para realizar una comparación de cómo afecta anualmente esta plaga a este sector del país y evaluar si los métodos de aniquilación utilizados son efectivos.



**Recibido:** 07 de marzo del 2024  
**Aceptado:** 26 de febrero del 2025  
**Publicado:** 6 de marzo del 2025  
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.13305777  
**\*Autor para correspondencia:**  
Orlando Villarroel  
**e-mail:** [ovillarroel@cendit.gob.ve](mailto:ovillarroel@cendit.gob.ve)

**Palabras clave:** Construcción, diseño, palometa peluda, prototipo, trampa de luz.





Dissemination article

## Design and construction of a light trap for *Hylesia metabus*

Orlando Villarroel\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones de Venezuela

### Abstract



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

**Received:** March 7, 2024

**Accepted:** February 26, 2025

**Published:** March 6, 2025

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

**DOI:**

10.5281/zenodo.13305777

**\*Corresponding author:**

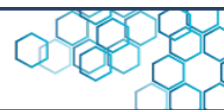
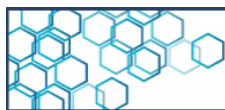
Orlando Villarroel

**e-mail:**

[ovillarroel@cendit.gob.ve](mailto:ovillarroel@cendit.gob.ve)

In Venezuela there are several pests that are usually unknown to people who do not live near their presence, one of them is the *Hylesia metabus*, which affects the eastern part of the country, mainly the states Sucre, Monagas and Delta Amacuro. For this reason, this article presents the design and construction of a prototype of a light trap for *Hylesia metabus*. This prototype consists of three (3) parts: the light trap (to attract the *Hylesia metabus* by means of light), the blower (to suck the *Hylesia metabus* attracted by the light) and the sedimentation chamber (to annihilate and contain the *Hylesia metabus*' body). The purpose of the light trap for *Hylesia metabus* is to attract as many as possible and prevent them from reaching populated areas, as they are harmful to humans and limit people's lifestyle. At the same time, the capture of the *Hylesia metabus* makes it possible to keep track of how this pest affects this sector of the country on an annual basis and to evaluate whether the annihilation methods used are effective.

**Keywords:** Construction, design, *Hylesia metabus*, light trap, prototype.

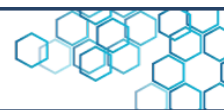
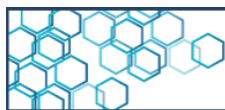


## 1. Introducción

En el oriente del país, específicamente en los estados Sucre, Monagas y Delta Amacuro, existe una especie de mariposa llamada “palometa peluda” o *Hylesia metabus*, por su nombre científico. Estas mariposas, en su mayoría las hembras, son atraídas por la luz y durante su vuelo desprenden de su cuerpo unas espículas que producen urticaria, dermatitis epidérmica, entre otras afecciones, al entrar en contacto con la piel de las personas. Debido a esto, en los sectores en los cuales está presente la plaga de las palometas peludas, al llegar las 6:00 pm aproximadamente, se realiza el apagado del alumbrado público ya que el permanecer encendido las atrae y esto representa una amenaza para la salud de la población limitando el estilo de vida de las personas.

Para combatir esta plaga, se realiza una aspersión de un químico en los manglares que ataca directamente a las larvas de las palometas, esto se realiza con la finalidad de evitar su crecimiento hasta la etapa adulta; dicha aspersión se hace vía marítima o aérea. Además, los habitantes y algunos entes gubernamentales han realizado trampas de luz en zonas cercanas a los manglares para atraer a las palometas adultas (las cuales tiene un período de vida de 3 a 7 días) y así evitar que lleguen a las poblaciones cercanas, pero estas trampas son “artesanales” y muy limitadas en su funcionamiento por lo que se tienen que colocar muchas de ellas para tratar de cubrir un área mayor.

Debido a las diversas limitaciones y a los constantes problemas que surgen por esta plaga, el presente artículo plantea el diseño y construcción de un prototipo de una trampa de luz que sea eficiente y atraiga la mayor cantidad posible de palometas para ser implementado



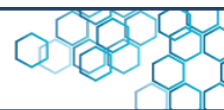
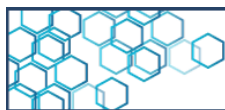
en las zonas cercanas a los manglares y evite que lleguen a las poblaciones. El prototipo debe contar con buena iluminación que las atraiga y también con un sistema de succión que permita que sean absorbidas para luego ser depositadas en un contenedor. La finalidad del prototipo es brindar tranquilidad y una mejor calidad de vida a los habitantes de este sector del país y a su vez ayudar a preservar el ambiente.

## 2. Diseño de trampa de luz para palometas peludas

Las trampas de luz son muy utilizadas en prospección, ya que ofrecen la posibilidad de una recolección selectiva [1]. Para realizar el diseño de la trampa de luz para palometas peludas se deben tener en cuenta diversos factores que influyen en la eficiencia del diseño; entre los factores tenemos el tipo de luz que las atrae, el material a utilizar para realizar la estructura y las otras partes del prototipo, las condiciones en las que va a operar el prototipo, las características de las palometas peludas y el tipo de alimentación eléctrica que se puede disponer para su instalación.

Una vez conocidos los factores principales, se procede a evaluar el mercado nacional para tener en cuenta los materiales disponibles y posteriormente, se comienza a desarrollar el posible diseño para su construcción.

Al investigar sobre los diversos diseños de trampas de luz utilizados para insectos voladores, la mayoría utilizaban un foco de luz central con unas láminas reflectoras que cumplían la función de intensificar aún más la luz y así atraer a los insectos. Zamora Gallegos (2012) [2] realizó



un trabajo de campo y comprobó que los colores azul y violeta presentaron mayor atracción visual a los insectos. Las mayores capturas de insectos se generan entre las 18 y 24 horas y el uso de luz ultravioleta y luz blanca es el tipo de luz que más atrae a los insectos [3]. El estudio comparativo de diferentes trampas de luz para la captura masiva de adultos polillas del tomate muestra que las polillas son atraídas por luz ultravioleta [4]. Las longitudes de onda lumínicas percibidas por el ojo de los insectos es diferente al humano, por eso la luz empleada debe ser luz ultra violeta [5]. Otro aspecto fundamental es que al ser atraídos los insectos, eran succionados por un ventilador y luego eran trasladados a un depósito interno para su posterior extracción y así poder desechar los residuos.

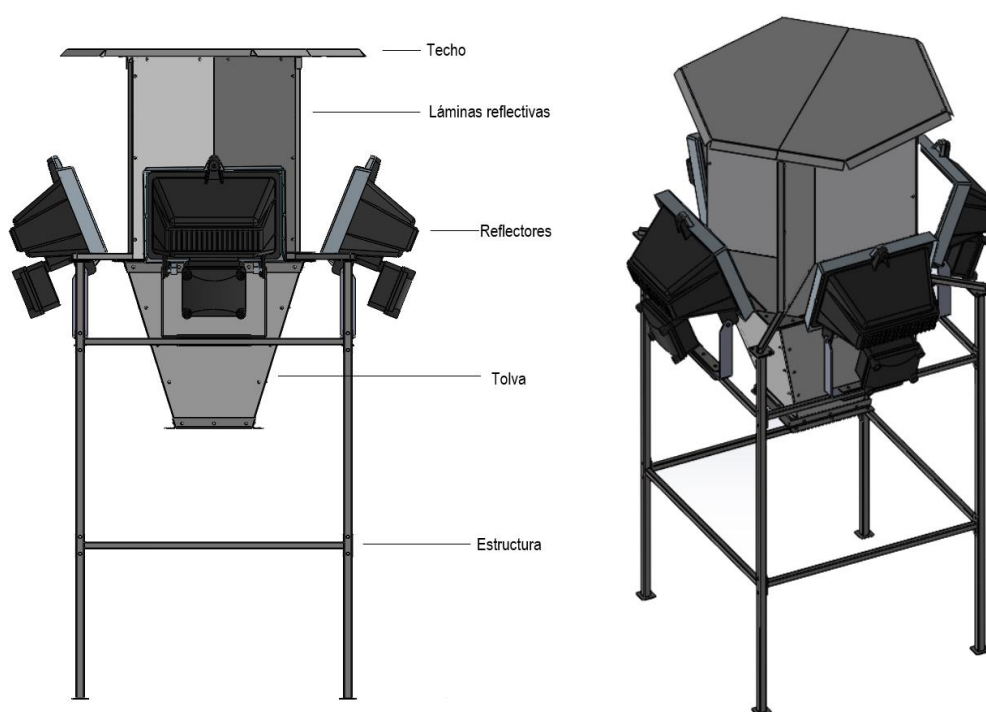
Partiendo del funcionamiento de los diseños investigados, se procedió a realizar uno que contemplara el principio de funcionamiento, pero adaptándolo a los factores o premisas de diseño para las palometas peludas. Con base en esto, se diseñó un prototipo que consta de 3 partes fundamentales:

## 2.1 Trampa de luz

Si bien los diseños básicos de trampa de luz utilizan un foco de luz central, tal y como se puede apreciar en la Figura 1, en el diseño de la trampa de luz para palometas peludas se utilizaron 4 reflectores de luz blanca para aumentar la intensidad lumínica, se colocaron láminas de aluminio cerca de los reflectores para intensificar aún más la luz, se colocó un techo de aluminio para proteger las luminarias, y todos estos componentes se fijaron en una estructura de tubos de acero. Adicional a los reflectores, se colocaron tiras de luces Led ultravioleta ya que, al

investigar sobre el comportamiento de las palometas, también son atraídas por este tipo de luz.

A la estructura realizada para la trampa de luz, se diseñó un acople (tolva) que une la parte de las luminarias con el soplador (el cual se explica más adelante) y sirve como ducto para la succión de las palometas.



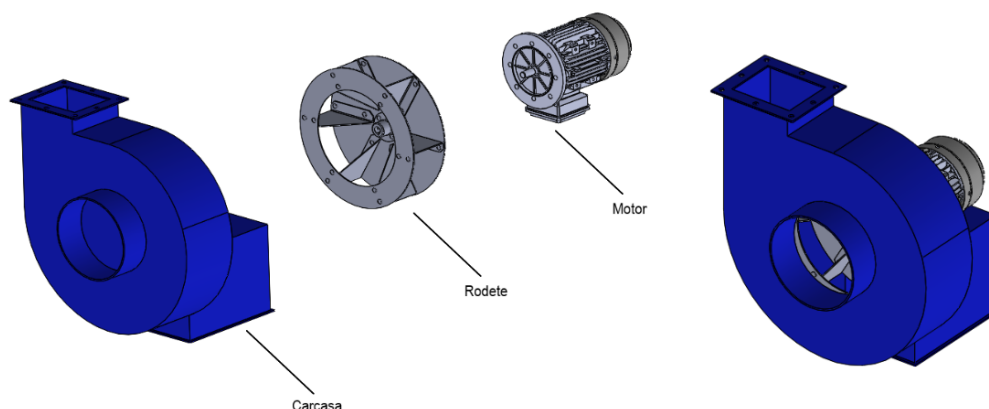
**Figura 1.** Trampa de luz.

## 2.2 Soplador

Luego que las palometas son atraídas por la luz, se requiere que sean succionadas o absorbidas, esa es la principal función del soplador, el cual se observa en la Figura 2, generar la succión para luego transportar

las palometas hacia la cámara de sedimentación (la cual se explica más adelante).

El soplador está diseñado con un motor de 5 hp en el cual se acopla un rodete que dispone de unos alabes los cuales, al girar, generan el efecto de la succión. Este soplador cuenta con una carcasa para protegerlo de agentes externos y mantenerlo estable.

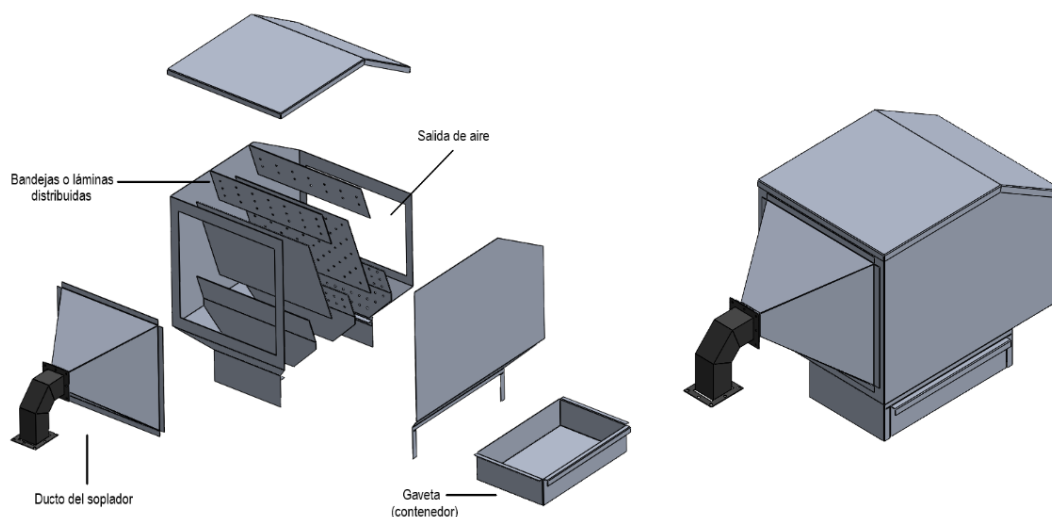


**Figura 2.** Soplador.

### 2.3 Cámara de sedimentación

En la Figura 3 podemos observar la cámara de sedimentación, la cual cumple la función de separar las partículas sólidas (las palometas peludas) del aire que ingresa a la cámara a través del ducto del soplador. El tipo de cámara empleado para el diseño de la trampa de luz es el de bandejas múltiples, ya que la distribución de las láminas en el interior de la cámara permite que las palometas peludas impacten sobre las superficies de y caigan al contenedor (gaveta) para su posterior

extracción. Es importante mencionar que en la salida de la cámara de sedimentación se tendría que colocar una tela de filtro para que pueda retener las espículas que pudieran desprenderse de las palometas peludas y así permitir la salida del aire sin ningún peligro para la población.

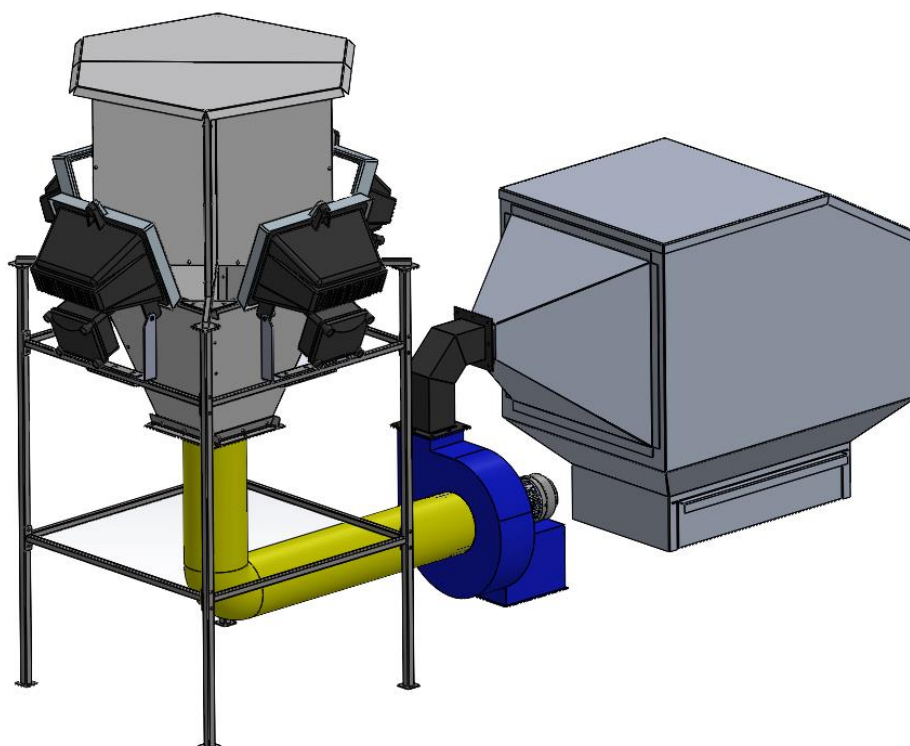


**Figura 3.** Cámara de sedimentación.

El diseño realizado del prototipo de la trampa de luz para palometas peludas abarca las premisas de diseño y se espera que su funcionamiento sea adecuado para cubrir las expectativas planteadas, ya que cuenta con alta luminosidad debido a los reflectores seleccionados y con buena succión por la potencia del motor del soplador, además tiene la cámara de sedimentación que ayuda a separar las partículas sólidas del aire y envía las partículas al contenedor y el aire es expulsado nuevamente al ambiente sin alterar el mismo.



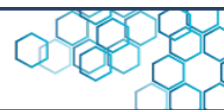
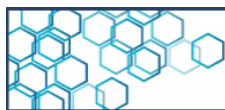
En la Figura 4 se observa el ensamblaje del diseño realizado y la conexión de las 3 partes principales que conforman la trampa de luz para palometas peludas.



**Figura 4.** Diseño de trampa de luz para palometas peludas.

## 2.4 Construcción de la trampa de luz para palometas peludas

Una vez realizado el diseño del prototipo de la trampa de luz para palometas peludas, se procedió a realizar su construcción en las instalaciones del CIMECDI del Polo Científico Tecnológico del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología.



Para la adquisición de los materiales se contó con el financiamiento de FONACIT, quien gracias a su gestión para apoyar el desarrollo de proyectos en el área de ciencia, tecnología e innovación, realizó una inversión para llevar a cabo este proyecto y abordar un problema que afecta a parte del pueblo venezolano.

Los materiales utilizados para la construcción del prototipo son los siguientes:

- Lámina de aluminio de 2 mm de espesor.
- Tubo cuadrado de acero de 1".
- Tubo de PVC de 10".
- Lámina de hierro negro de 2 mm de espesor.
- Tornillos de cabeza hexagonal de ¼".
- Tuercas hexagonales de ¼".
- Arandelas planas de ¼".
- Motor de 5 hp.
- Reflectores de 400 W.
- Materiales eléctricos.

El proceso de fabricación de la trampa de luz tomó aproximadamente 3 meses, se implementaron diversos procesos de fabricación y se utilizaron varias maquinarias para lograr la mayor precisión posible para realizar el corte, el mecanizado y el doblado de las piezas, así como la soldadura empleada para garantizar que no existan fugas en el funcionamiento ya que la trampa de luz tiene que ser lo más hermética posible para poder funcionar adecuadamente. Se puede apreciar en la Figura 5 que la fabricación de la trampa de luz es completamente similar al diseño realizado, lo que ofrece un buen funcionamiento ya que se cumplió con las dimensiones establecidas para su construcción.



**Figura 5.** Trampa de luz para palometas peludas construidas.

### 3. Análisis y discusión de resultados

Finalizada la construcción de la trampa de luz para palometas peludas y realizadas las distintas pruebas (mecánicas y eléctricas), se procedió a trasladar el prototipo para Yaguaraparo, estado Sucre, para evaluar el funcionamiento en campo del prototipo construido. Una vez en Yaguaraparo, se realizó el debido ensamblaje y la instalación eléctrica de la trampa y se trasladó hacia la costa cercana a los manglares donde se encontraban las palometas peludas.

Tal y como se observa en la Figura 6, la intensidad de la luz de la trampa fue bastante notable, pero debido a que se ubicó en un terreno blando, el peso de la cámara de sedimentación no permitía que se pudiera extraer la gaveta (contenedor) ya que la cámara se hundía; otro aspecto a considerar era que la ubicación del prototipo estaba rodeado de árboles e impedían que la luz fuera visible a niveles altos. No obstante, se buscaron alternativas para poder utilizar el prototipo de la trampa

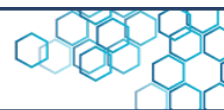
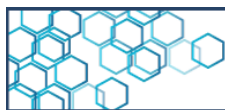
de luz y se optó por usarlo en superficies sólidas, permitiendo así cumplir su óptimo funcionamiento y ayudando en parte a las comunidades afectadas por esta plaga.



**Figura 6.** Trampa de luz operativa.

## 4. Conclusiones

El diseño realizado de la trampa de luz para palometas peludas cumplió con los objetivos planteados en principio, ya que logró atraer suficientes palometas por la intensidad de la luz que emitían los reflectores. Se pudo apreciar que el uso de luz ultravioleta también atraía a las palometas pero solo a las que estaban cercanas a la trampa de luz, ya que la intensidad lumínica no se expande tanto.



El uso de otros accesorios que emiten luz (botones de encendido del tablero eléctrico, uso de luz adicional) hace que el enfoque de la trampa pierda efectividad ya que algunas palometas se dirigen hacia esos lugares en vez de dirigirse hacia los reflectores donde se ubica la tolva para generar la succión.

Es necesario que la trampa de luz sea lo suficientemente alta para que pueda atraer aún más a las palometas peludas y así tenga un mayor alcance para emitir la luz, además de que el contenedor debe estar ubicado a una altura en la que el operario pueda extraerlo con facilidad.

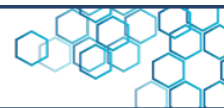
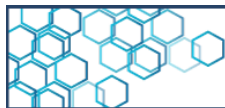
Es recomendable que se utilice un mando a distancia para el funcionamiento de la trampa de luz ya que facilita la operatividad del prototipo y a su vez ofrece seguridad al operario para que no esté expuesto a estas plagas.

Se debe evitar que al realizar la succión las palometas peludas entren en contacto directo con el rodete del soplador ya que la misma grasa que emiten las palometas peludas se adhiere al rodete y ocasiona que pierda efectividad, lo que genera que se tenga que detener el motor para hacer una limpieza del rodete y a su vez produce que las palometas puedan llegar a las poblaciones cercanas.

## 5. Referencias

[1] Nielsen V. Método para recolectar insectos. San José: Costa Rica. 2003.

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/31571df6-327f-4add-ad6c-cae827207709/content>

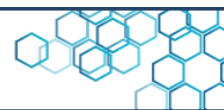
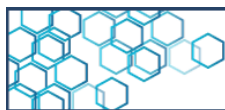


[2] Zamora Gallegos IA. Trampas con luz para capturar *Hypsipyla grandella* Zeller en plantación de cedro rojo, en el Palmar, Tenzonapa, Veracruz. (2012). (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo). <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/080d4c74-4f87-46af-84c7-5d56e95127f5>

[3] Montoya GC. Madrigal, A. Ramírez CA. Evaluación de trampas de luz para el control de adultos de Scarabaeidae (Coleoptera) en cultivos de papa en La Unión (Antioquía). (1994). Revista Colombiana de Entomología, 20(2), 131-136. <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/download/10014/12698>

[4] Castresana J. Puhl L. Estudio comparativo de diferentes trampas de luz (LEDs) con energía solar para la captura masiva de adultos polilla del tomate *Tuta absoluta* en invernaderos de tomate en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. (2017). Idesia (Arica), 35(4), 87-95. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v35n4/0718-3429-idesia-35-04-00087.pdf>

[5] Fernández-Rubio F. Las trampas de luz automáticas para caza de insectos. (1992). Rev. Aragón. Ent, 1(2), 79-90. [http://sea-entomologia.org/PDF/ZAPATERI\\_2/Z02-010-079.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/ZAPATERI_2/Z02-010-079.pdf)



Artículo de Divulgación

## Estudio preliminar de la abundancia poblacional de *Hippocampus* spp. en hábitats naturales de la bahía de Turpialito, estado Sucre.

Mariela Cova\*<sup>1</sup> , Antulio Prieto<sup>2</sup>  y Roger Velásquez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tierras-Sucre, Área de Recursos Naturales.

<sup>2</sup> Universidad de Oriente, Núcleo Sucre, Departamento de Biología.

### Resumen

Los caballitos de mar (*Hippocampus* spp.) son peces teleósteos marinos pertenecientes a la familia Syngnathidae, que actualmente se encuentran amenazados de extinción debido a factores naturales y a la influencia antrópica que está causando la degradación de sus hábitats naturales. El objetivo principal de esta investigación fue valorar la abundancia de las dos especies reportadas para Venezuela, *Hippocampus reidi* (Ginsburg, 1933) e *Hippocampus erectus* (Perry, 1810) en cuatro hábitats naturales distintos en la bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. El monitoreo se realizó mediante censos visuales bajo el agua, utilizando transectos lineales en un período que abarcó junio 2022 a mayo 2023. Durante la investigación se avistaron un total de 18 individuos de caballitos de mar en los cuatro hábitats, observando que la especie *H. reidi* fue más abundante que *H. erectus*, con 12 y 6 registros respectivamente. La densidad media fue de 0,0075 ind/m<sup>2</sup> entre ambas especies con un alto porcentaje de individuos indiferenciados. Aun cuando un ANOVA no detectó diferencias significativas de los caballitos de mar entre hábitats ( $P < 0,005$ ), el estadístico  $X^2 = 12,8$ ;  $P < 0,005$  sí mostró preferencia por el hábitat de *Rhizophora mangle*.

**Palabras clave:** Abundancia poblacional, Bahía de Turpialito, Caballitos de mar, *Hippocampus erectus*, *Hippocampus reidi*.



**Recibido:** 26 de marzo del 2024

**Aceptado:** 21 de noviembre del 2024

**Publicado:** 6 de marzo del 2025

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

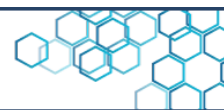
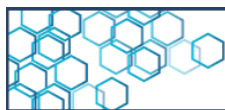
**DOI:** 10.5281/zenodo.13305708

**\*Autor para correspondencia:**

Mariela Cova

**e-mail:** [marielacova@gmail.com](mailto:marielacova@gmail.com)





Dissemination article

## Preliminary study of the population abundance of *Hippocampus* spp. in natural habitats of Turpialito Bay, Sucre state.

Mariela Cova\*<sup>1</sup> , Antulio Prieto<sup>2</sup>  y Roger Velásquez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tierras-Sucre, Área de Recursos Naturales.  
<sup>2</sup>Universidad de Oriente, Núcleo Sucre, Departamento de Biología.

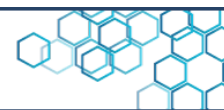
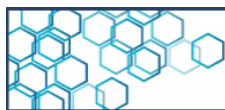
### Abstract



**Received:** March 26, 2024  
**Accepted:** November, 2024  
**Published:** March 6, 2025  
**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.  
**DOI:**  
10.5281/zenodo.13305708  
**\*Corresponding author:**  
Mariela Cova  
**e-mail:**  
[marielacova@gmail.com](mailto:marielacova@gmail.com)

Seahorses (*Hippocampus* spp.) are marine teleost fish belonging to the family Syngnathidae, which are currently threatened with extinction due to natural factors and anthropogenic influence that is causing the degradation of their natural habitats. The main objective of this research was to assess the abundance of the two species reported for Venezuela, *Hippocampus reidi* (Ginsburg, 1933) and *Hippocampus erectus* (Perry, 1810) in four different natural habitats in Turpialito Bay, Sucre state, Venezuela. Monitoring was carried out through underwater visual censuses, using linear transects in a period that spanned June 2022 to May 2023. During the investigation, a total of 18 seahorse individuals were sighted in the four habitats, observing that the species *H. reidi* was more abundant than *H. erectus*, with 12 and 6 records respectively. The average density was 0.0075 ind/m<sup>2</sup> between both species with a high percentage of undifferentiated individuals. Even though an ANOVA did not detect significant differences in seahorses between habitats ( $P < 0.005$ ), the statistic  $X^2 = 12.8$ ;  $P < 0.005$  did show a preference for the *Rhizophora mangle* habitat.

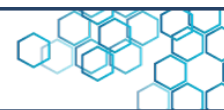
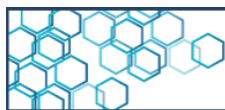
**Keywords:** *Hippocampus erectus*, *Hippocampus reidi*, Population abundance Seahorses, Turpialito Bay.



## 1. Introducción

Los caballitos de mar, del género *Hippocampus*, son peces marinos de la familia Syngnathidae. Estos peces son notables por sus características morfológicas únicas. Lamentablemente, debido a su importancia en la medicina tradicional asiática y su demanda como especie ornamental, a menudo son objeto de tráfico ilegal a nivel internacional [1]. A pesar de la distribución global que presentan, las poblaciones de caballitos de mar se encuentran muy perjudicadas por la sobreexplotación y la degradación del entorno [2], por esta razón han sido tomados en cuenta muchos trabajos de investigación y conservación de la diversidad marina. En el caso de Venezuela, de las 41 especies de caballitos de mar reconocidas como válidas por Lourie [3], se han identificado dos especies: *Hippocampus erectus* (Perry, 1810) e *Hippocampus reidi* (Ginsburg 1933), ambas figuran en la lista del Libro Rojo de la fauna venezolana [4], en el Apéndice II de la Convención Internacional sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres [5] y en la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN [6].

La situación de las especies del género *Hippocampus* se debe a una combinación de factores biológicos y efectos humanos. Desde el punto de vista biológico, estas especies tienen una distribución geográfica dispersa, tienden a ser sedentarias una vez que se establecen en un lugar, ya que su capacidad de natación es limitada, ocupan áreas pequeñas, presentando poblaciones con baja densidad y, en su mayoría, practican la monogamia [7]. Todas estas características los hacen particularmente vulnerables a la degradación de sus hábitats provocado por la actividad humana, la captura incidental en la pesca y la sobreexplotación, ya sea para exhibición en acuarios o para su comercio



como curiosidades y en la medicina oriental [8-10].

En las últimas décadas, se ha observado un aumento constante en la población mundial que se establece en áreas urbanas costeras [11]. Lo que ha llevado a un aumento en los impactos y modificaciones en los hábitats marinos costeros [12, 13]. Estos cambios han resultado en una significativa disminución de la población de especies que habitan en estas zonas, incluyendo los caballitos de mar. Además de los impactos humanos, eventos naturales también pueden contribuir a alterar las condiciones del hábitat de las especies del género *Hippocampus*. Estos cambios reducen la disponibilidad de alimentos y estructuras naturales esenciales para el asentamiento de estos peces [14-16].

Como se ha mencionado previamente, un problema crítico es que los hábitats principales donde se encuentran las especies del género *Hippocampus* han experimentado una reducción significativa en los últimos años, principalmente debido a la influencia humana, lo que ha llevado a la disminución de las poblaciones de estas especies [17-19]. En este contexto, el objetivo principal de este estudio es comparar la abundancia de *H. erectus* e *H. reidi* en cuatro hábitats distintos ubicados en la bahía de Turpialito, en el estado de Sucre, Venezuela.

## 2. Metodología

### 2.1 Área de estudio

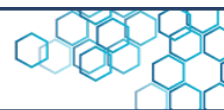
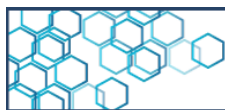
Esta investigación se llevó a cabo en la bahía de Turpialito (10°27'30"N; 64°02'40"W), ubicada en la costa sur del golfo de Cariaco,

estado Sucre, Venezuela (Figura 1). El área se caracteriza por cambios hidrológicos debido a la surgencia costera relativamente estacional que se produce en la región nororiental de Venezuela. Es poco influenciada por aportes de agua dulce, a excepción del período de lluvias que acontece anualmente y la época de sequía donde la evaporación es superior a la precipitación [20]. Esta bahía tiene una profundidad máxima de 8 metros y está influenciada por los vientos del noreste (NE), que son más prominentes durante los primeros meses del año, coincidiendo con el inicio de la surgencia de aguas sub-superficiales [21].



**Figura 1.** Ubicación relativa de la bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela.

Dentro del área objeto de estudio, se encuentran distintos hábitats como fondos rocosos, arrecifes coralinos, manglares costeros, praderas de *Thalassia*, macroalgas de los generos *Ulva*, *Galaxaura*, *Sargassum*, *Caulerpa*, *Halimeda*, *Acanthophora* y playas arenosas. El clima es cálido,



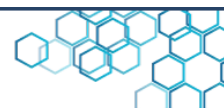
con temperatura media anual de 26,6° C, precipitación media anual de 250 mm, con dos estaciones bien marcadas, una seca desde noviembre hasta abril y otra lluviosa durante mayo hasta octubre [22].

## 2.2 Método de muestreo

Para el estudio de la abundancia poblacional de *H. erectus* e *H. reidi*, se llevaron a cabo censos visuales entre las 7 am y 12 m, mediante buceo en apnea, durante los meses junio del año 2022 hasta septiembre del 2023 a una profundidad de 2 m. En el área de estudio, se fijaron 4 estaciones, en cada una se realizó 1 transecto de 25 m de largo por 2 m de ancho, para obtener posteriormente, su abundancia en número de individuos por m<sup>2</sup> (ind/m<sup>2</sup>) como modificación de la metodología propuesta por Curtis [23]. Para un área total de 200 ind/m<sup>2</sup> cabe destacar que el número de transectos se fijó de acuerdo a las características del sustrato del área. Todos los individuos avistados fueron recolectados y se les determinó *in situ* la especie según Lourie [24], el sexo gracias al dimorfismo sexual que exhiben los caballitos y la gravidez o no del macho. Los ejemplares que presentaron un Largo Total igual o menor de 4 cm fueron considerados indiferenciados. También, se anotó el tipo de sustrato donde se localizaban los ejemplares.

## 2.3 Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Los datos de abundancia (total y por especie avistada) en cada censo realizado, se registraron en una hoja de cálculo Microsoft Excel para su posterior tratamiento y análisis estadístico. Las diferentes abundancias obtenidas de caballitos de mar en los cuatro hábitats para



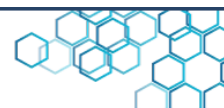
*H. erectus* e *H. reidi* en la zona de Turpialito se analizaron con un modelo lineal de ANOVA [25] y el estadístico  $X^2$  de la distribución normal bivalente [26].

### 3. Resultados y discusión

En el transcurso de todo el período de muestreo, se avistaron un total de 18 ejemplares de caballitos de mar en los cuatro hábitats estudiados. De estos, 10 se encontraban en las raíces sumergidas del mangle *Rhizophora mangle*, 4 estaban adheridos al alga parda *Sargassum vulgare*, 2 se hallaban suspendidos en la columna de agua marina y otros 2 estaban adheridos a ejemplares de *Thalassia testudinum*. En cuanto a las especies, se observó que *H. reidi* fue más abundante que *H. erectus*, con 12 y 6 registros cada una de las especies (Tabla 1).

**Tabla 1.** Número de caballitos de mar avistados durante el período de muestreo según el hábitat y la especie.

HÁBITATS	ESPECIES	Nº DE EJEMPLARES AVISTADOS	Nº DE EJEMPLARES EN EL HABITAT	Nº DE EJEMPLARES TOTALES
Columna de agua	H.reidi	1	2	18
	H. erectus	1		
Raíces sumergidas de Rhizophora mangle	H.reidi	7	10	
	H. erectus	3		
Alga parda Sargassum vulgare	H.reidi	3	4	
	H. erectus	1		
Thalassia testudinum	H.reidi	1	2	
	H. erectus	1		



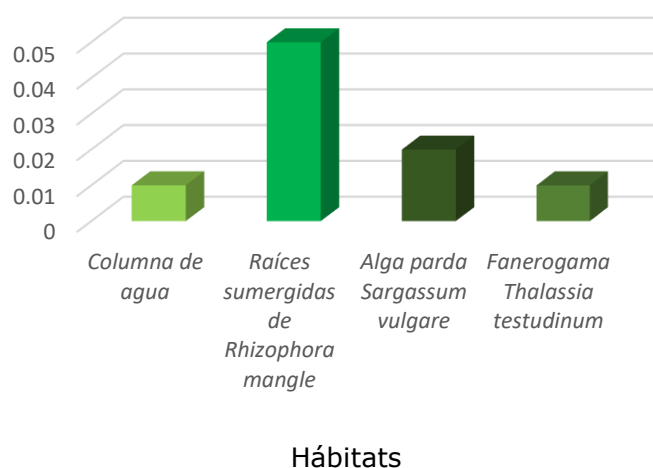
### 3.1 Abundancia de caballitos de mar entre los distintos hábitats

El promedio del número de caballitos de mar encontrados en el año de muestreo fue de 0,0075 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 2), no obstante, la media del número de ejemplares encontrados fue de 0,05 ind/m<sup>2</sup> en las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle*, 0,02 ind/m<sup>2</sup> adheridos al alga parda *Sargassum vulgare*, 0,01 ind/ m<sup>2</sup> en la columna de agua marina y adheridos a la fanerógama *Thalassia testudinum* (Figura 2).

**Tabla 2.** Abundancia mensual de caballitos de mar en un año de muestreo en la bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela.

MESES	HEMBRAS	MACHOS	INDIFERENCIADOS	Nº TOTAL DE EJEMPLARES	ind/m <sup>2</sup>
Junio 2022	1	1	0	2	0,01
Julio 2022	0	0	1	1	0,005
Agosto 2022	0	0	0	0	0,000
Septiembre 2022	1	3	0	4	0,02
Octubre 2022	0	1	2	3	0,015
Noviembre 2022	1	0	1	2	0,01
Diciembre 2022	0	0	0	0	0,000
Enero 2023	1	0	0	1	0,005
Febrero 2023	0	1	0	1	0,005
Marzo 2023	1	0	2	3	0,015
Abril 2023	0	0	0	0	0,000
Mayo 2023	0	0	1	1	0,005
Total	5	6	7	18	0,0075



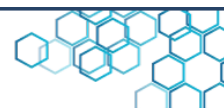


**Figura 2.** Promedio mensual de abundancia de caballitos de mar en cada hábitat muestreado en la bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela.

Las densidades poblacionales para ambas especies en Turpialito son bajas, pero están dentro del rango de las reportadas en áreas de Cuba y Brasil [27, 28]. A pesar del escaso número de caballitos observados, la especie *H. reidi* fue la más abundante en el área objeto de estudio, tal como ha sido señalado en las costas norte y sur de Brasil [29, 30], costa norte de Cuba [28], aunque en el golfo de México y las costas orientales de Estados Unidos es la menos abundante [31]. Por otro lado, la relativa mayor abundancia de *H. reidi* puede deberse a la escasa profundidad donde se realizaron los muestreos, caracterizados por altos rangos de temperaturas y salinidad [32].

La escasa cantidad observada de *H. erectus* se debe a la poca profundidad de muestreo, ya que es común observarla en aguas profundas que contienen una vegetación más abundante [33] y es común obtenerla como fauna acompañante en las pesquerías del camarón [27].

Entre los factores que favorecen la abundancia del género *Hippocampus* se ha señalado que el aumento de la eutrofización del agua estimula el



aumento de especies de macroalgas y de especies sésiles filtradoras de invertebrados que brindan oportunidades de anclaje, camuflaje y alimentación a los caballitos [34]. Estudios de preferencias de hábitats, han demostrado la importancia de sitios de anclaje, poca profundidad y temperaturas cálidas para predecir la existencia de caballitos en los estuarios tropicales [35].

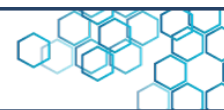
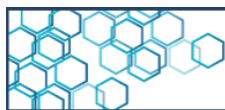
Esta situación podría explicar la relativa mayor predilección de ambas especies en Turpialito por el hábitat de *Rhizophora mangle*. Se ha sugerido que en costas del norte de Cuba y la costa sur de Brasil la disponibilidad de hábitats de briozoos, macroalgas y raíces sumergidas de mangle favorecen la distribución de *H. reidi* [36].

El análisis de la abundancia media de las dos especies de *Hippocampus* entre los cuatro hábitats mostró una clara tendencia en el hábitat de *Rhizophora mangle*, seguido de las de *Sargassum vulgare*. El estadístico F del resultado del ANOVA no detectó diferencias significativas de la abundancia entre hábitats ( $P > 0,05$  NS) (Tabla 3). Sin embargo, el estadístico  $X^2 = 12,8$ ;  $P < 0,005$  respecto a la abundancia de *Hippocampus* sí mostró diferencias significativas.

**Tabla 3.** Análisis de varianza (ANOVA) con un factor que determina la diferencia de abundancia de *Hippocampus* entre los cuatro hábitats estudiados.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	F (Radio)	P	F Crítico
Hábitats Residual	1	8			
	6	8	1	0,355	5,987
P > 0,05 NS					

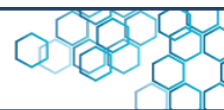
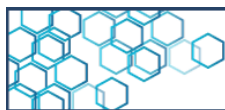
Esta baja abundancia poblacional de caballitos de mar podría ser el resultado de varios factores. Uno de los principales es el aumento de la



urbanización en las áreas costeras, que ha llevado a un incremento en la presencia de poblaciones humanas en estas zonas. Esto, a su vez, ha provocado un aumento en las actividades antropogénicas y, como resultado de esta la alteración del entorno marino, lo que ha llevado a una reducción significativa de las especies marinas que se encuentran en estos hábitats naturales [37]. Estos impactos causados por el ser humano, combinados con los eventos naturales recientes en Venezuela y la crisis climática actual, han perturbado las condiciones del hábitat de los *Hippocampus spp.* Y tal vez esto ha llevado a una disminución en la disponibilidad de presas y estructuras naturales necesarias para el establecimiento de estas especies [16].

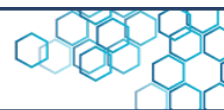
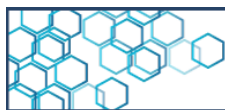
Por otro lado, los caballitos de mar se alimentan principalmente de pequeños crustáceos, siendo los Amphipoda, Misidaceos, Decapoda e Isopoda los grupos predominantes en su dieta [38]. Además de estos, se han registrado otros elementos en sus contenidos intestinales, como moluscos, larvas de peces y poliquetos [39,40]. Esto indica que la dieta de las especies de *Hippocampus* está influenciada por la abundancia y disponibilidad de los diferentes taxones de crustáceos en el ecosistema. Además, su capacidad para depredar otros organismos también depende de la complejidad del hábitat y la disponibilidad de estructuras adecuadas para su anclaje [41].

A pesar de su amplia distribución en hábitats costeros poco profundos de aguas templadas y tropicales, en las costas venezolanas solo se encuentran dos especies, *H. reidi* e *H. erectus*. Estas especies se asocian principalmente con hábitats como las raíces sumergidas de los mangles, lechos de algas y, en particular, la especie *Thalassia testudinum*. Estos hábitats les proporcionan puntos de apoyo, alimento y protección, ya que los caballitos de mar pueden camuflarse en su entorno [2, 41]. Sin embargo, dado que estas especies habitan en aguas poco profundas, sus



hábitats están expuestos a perturbaciones tanto naturales como causadas por el ser humano, lo que ha provocado su degradación con el paso de los años. Dadas sus características biológicas, ambas especies son altamente sensibles a la intervención de sus hábitats [2,7]. Como se ha mencionado previamente, el problema central es que los hábitats principales donde se encuentran las especies de *Hippocampus* han experimentado una regresión significativa en los últimos años, principalmente debido al impacto humano. Esto ha resultado en una disminución de las poblaciones de muchas de estas especies [8, 17]. La destrucción de las praderas de fanerógamas conduce a la formación de áreas sin vegetación, y la estructura del hábitat es una característica fundamental para determinar la distribución de los caballitos de mar, debido a su dependencia de puntos de anclaje y a la necesidad de camuflarse [42].

Esta situación crítica de las especies del género *Hippocampus* en el área, probablemente se debe a una combinación de factores biológicos y efectos antropogénicos. Desde un punto de vista biológico, estas especies tienen áreas de distribución dispersas, tienden a ser sedentarias una vez que se establecen, por su capacidad de natación limitada, ocupan áreas pequeñas, presentan poblaciones con baja densidad, bajas tasas de reproducción y en su mayoría practican la monogamia [2, 7]. Todas estas características los hacen especialmente vulnerables a los impactos de las actividades humanas, que incluyen la degradación de sus hábitats, la captura incidental en la pesca y la sobreexplotación, ya sea para su exhibición en acuarios o para su comercio en la medicina oriental [8-10]. La pesca con arrastre, en particular, representa una amenaza significativa, ya que además de



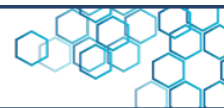
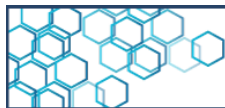
tener un impacto directo en las poblaciones de caballitos de mar, también conlleva a la destrucción indirecta de su hábitat [23, 34].

Para abordar esta situación, en el año 2004 se implementaron regulaciones internacionales que controlan el comercio de caballitos de mar en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), lo que marcó un hito al convertirlos en los primeros peces óseos marinos considerados por esta convención [10, 43].

El principal desafío al que se enfrenta la comunidad científica es lograr la conservación de estas especies a pesar de las presiones constantes sobre el medio ambiente [8]. Las artes de pesca destructivas, como la pesca de arrastre, son las principales responsables de un impacto significativo. Se ha informado que esta práctica altera la estructura de la población de caballitos de mar al afectar a diferentes grupos de edad, reducir las oportunidades de reproducción y causar la muerte de individuos como resultado de la pesca incidental [43]. Además, la pesca de arrastre provoca la destrucción de los hábitats marinos, lo que conlleva una disminución en la complejidad estructural del lecho marino [44, 45].

#### 4. Conclusiones

La abundancia poblacional de las especies *H. reidi* e *H. erectus* en general y mensual fue muy baja en la bahía de Turpialito. La especie *H. reidi* fue relativamente más abundante que *H. erectus*, probablemente por la escasa profundidad del muestreo. No se observaron diferencias en la abundancia entre las épocas de lluvia y sequía y se observó un alto porcentaje de individuos indiferenciados. Las raíces de *Rhizophora*



*mangle* constituyó el hábitat predilecto para la fijación de ambas especies seguida del alga parda *Sargassum vulgare*.

## 5. Referencias

[1] Loh TL. Tewfik A. Aylesworth L y Phoonsawat R. Species in wildlife trade: socio-economic factors influence seahorse relative abundance in Thailand. *Biol. Conserv.*, 201, 301-308. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.022>

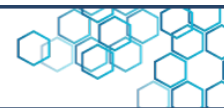
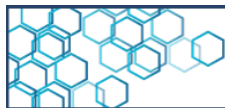
[2] Foster SJ y Vincent ACJ. Life history and ecology of seahorses: Implications for conservation and management. *Journal of Fish Biology*. Vol. 65, Issue 1. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00429.x>

[3] Lourie SA. Pollom RA y Foster SJ. A global revision of the Seahorses *Hippocampus rafinesque* 1810 (Actinopterygii: Syngnathiformes): Taxonomy and biogeography with recommendations for further research. *Zootaxa*, 4146(1), 1-66. 2016. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4146.1.1>

[4] Rodríguez JP. García-Rawlins A y Rojas-Suárez F. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta ed. Caracas, Venezuela: Provita y Fundación Empresas Polar; 2015. 470 pp.

[5] CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2014 [www.cites.org/common/com/AC/20.15/10/2022](http://www.cites.org/common/com/AC/20.15/10/2022)

[6] IUCN. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. 2022. <https://www.iucnredlist.org/>



[7] Gristina M. Cardone F. Desiderato A. Mucciolo S. Lazic T y Corriero G. Habitat use in juvenile and adult life stages of the sedentary fish *Hippocampus guttulatus*. *Hydrobiologia*, 784(1). 2017. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2818-3>

[8] Claassens L. Booth AJ y Hodgson AN. An endangered seahorse selectively chooses an artificial structure. *Environmental Biology of Fishes*, 101(5). 2018. <https://doi.org/10.1007/s10641-018-0732-4>

[9] Simpson M. Coleman RA. Morris RL y Harasti D. Seahorse Hotels: Use of artificial habitats to support populations of the endangered White's seahorse *Hippocampus whitei*. *Marine Environmental Research*, 157. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104861>

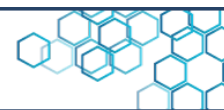
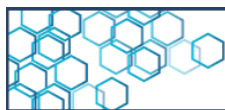
[10] Koning S y Hoeksema BW. Diversity of seahorse species (*Hippocampus spp.*) in the international aquarium trade. *Diversity*, 13(5). 2021. <https://doi.org/10.3390/d13050187>

[11] Creel L. Ripple effects: Population and coastal regions. *Population Reference Bureau*. 77 pp. 2003.

[12] Bulleri F y Chapman MG. The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 47, Issue 1. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01751.x>

[13] Dias T. Ecologia populacional de *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Teleostei: Syngnathidae) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. 2002. Dissertation Unpublished, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil





[14] Correia M. Palma J. Koldewey H y Andrade JP. Can artificial holdfast units work as a habitat restoration tool for long-snouted seahorse (*Hippocampus guttulatus* Cuvier). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 448. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.08.001>

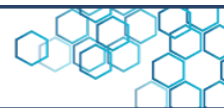
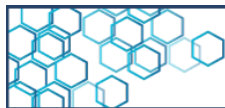
[15] Correia M. Caldwell IR. Koldewey HJ. Andrade JP y Palma J. Seahorse (*Hippocampinae*) population fluctuations in the Ria Formosa Lagoon, south Portugal. *Journal of Fish Biology*, 87(3). 2015. <https://doi.org/10.1111/jfb.12748>

[16] Correia M. Koldewey HJ. Andrade JP. Esteves E y Palma J. Identifying key environmental variables of two seahorse species (*H. guttulatus* and *H. hippocampus*) in the Ria Formosa Lagoon, South Portugal. *Environmental Biology of Fishes*, 101(9). 2018. <https://doi.org/10.1007/s10641-018-0782-7>

[17] Orth RJ. Carruthers TJB. Dennison WC. Duarte CM. Fourqurean JW. Heck KL. Hughes AR. Kendrick GA. Kenworthy WJ. Olyarnik S. Short FT. Waycott M y Williams SL. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*. Vol. 56, Issue 12. 2006. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)

[18] Clynick BJ. Harbour swimming nets: A novel habitat for seahorses. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(5). 2008. <https://doi.org/10.1002/aqc.856>

[19] Mai A y Gonzalo V. Population dynamics and reproduction of wild longsnout seahorse *Hippocampus reidi*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 92(2), 421-427. 2012. <https://doi.org/10.1017/S0025315411001494>



[20] Montes M. Crecimiento del mejillón verde (*Perna viridis*) en la ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná. 84 pp. 2011.

[21] Núñez P. Lodeiros C. Acosta V y Castillo I. Captación de semilla de moluscos bivalvos en diferentes sustratos artificiales en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Zool. Trop. 24(4): 483-496. 2006

[22] Pérez L. Estudio de los subsistemas funcionales del Estado de Sucre. Informe realizado por el MARNR. (1997).

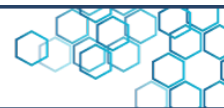
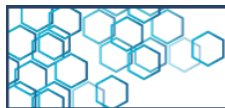
[23] Curtis J. Moreau MA. Marsden D. Bell E. Martin-Smith K. Samoilys M y Vincent A. Underwater visual census for seahorse population assessments. Project Seahorse, University of British Columbia, Vancouver. 2004.

[24] Lourie SA. Vincent AC y Hall HJ. Seahorses: an identification guide to the world's species and their conservation. Project Seahorse. 1999

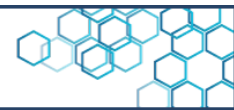
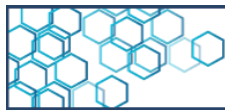
[25] Underwood AJ. On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications*, 4(1). 1994. <https://doi.org/10.2307/1942110>

[26] Gullón A. Introducción a la estadística aplicada. Editorial Alhambra, S.A. 219 pp. 1971

[27] Rosa IL. Oliveira TPR. Osório FM. Morales LE. Castro ALC. Barros GML y Alves RRN. Fisheries and trade of seahorses in Brazil: historical perspective, current trends, and future directions. *Biodivers. Conserv.* 20(9), 1951- 1971. 2011. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0068-2>.



- [28] Pastor L. de la Nuez D. Corrada RI. Piloto Y. y Pérez A. Caracterización de las poblaciones de caballitos de mar en diferentes zonas de la costa norte de las regiones occidental y central de Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 9(1), 23-39. 2017
- [29] Rosa IL. Dias TL y Baum JK. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). *Environ. Bio. Fish.*, 64(4), 378. 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1016152528847>
- [30] Silveira RB. Registros de cavalos-marinhos (Syngnathidae: Hippocampus) ao longo da costa Brasileira. Laboratório de Aqüicultura Marinha (LABAQUAC)-Projeto Hippocampus. Rua da Esperança, Porto de Galinhas, Ipojuca, PE. Brasil. *Oecol. Aust.*, 15(2), 316-325. 2011. <https://doi.org/10.4257/oeco.2011.1502.09>
- [31] Bruckner AW. Field JD y Daves. The Proceedings of the International Workshop on CITES Implementation for Seahorse Conservation Conservation and Trade. NOAA Technical Memorandum. Maryland, EEUU.: NOAA. 2005
- [32] Pastor L. Piloto Y. Corrada R y Chevalier P. Estudio de las poblaciones de caballitos de mar en dos zonas de la costa norte de La Habana y Pinar del Río. *Rev. Mar. Cost.*, 3, 171-181. 2011
- [33] Curtis JM. Ribeiro J. Erzini K y Vincent ACJ. A conservation trade-off? Interspecific differences in seahorse responses to experimental changes in fishing effort. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17(5). 2007. <https://doi.org/10.1002/aqc.798>



[34] Gristina M. Cardone F. Carlucci R. Castellano L. Passarelli S y Corriero G. Abundance, distribution and habitat preference of *Hippocampus guttulatus* and *Hippocampus hippocampus* in a semi-enclosed central Mediterranean marine area. *Marine Ecology*, 36(1). 2015. <https://doi.org/10.1111/maec.12116>

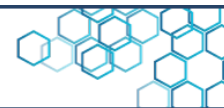
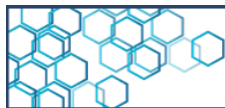
[35] Aylesworth LA. Xavier JH. Oliveira TP. Tenorio GD. Diniz AF y Rosa IL. Regional-scale patterns of habitat preference for the seahorse *Hippocampus reidi* in the tropical estuarine environment. *Aquat. Ecol.*, 49, 499-512. 2015. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-95423>

[36] Rosa IL. Oliveira TPR. Castro ALC. Morales LED. Xavier JHA. Nottingham MC. Dias TLP. Bruto-Costa LV. Araújo ME. Birolo AB. Mai ACG y Monteiro-Neto C. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi*. *Neotropical Ichthyology*, 5(3). 2007. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000300020>

[37] Claassens L. An artificial water body provides habitat for an endangered estuarine seahorse species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 180. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.06.011>

[38] Lazic T. Pierri C. Corriero G. Balech B. Cardone F. Deflorio M. Fosso B. Gissi C. Marzano M. Marzano FN. Pesole G. Santamaria M y Gristina M. Evaluating the efficiency of dna metabarcoding to analyze the diet of *Hippocampus guttulatus* (Teleostea: Syngnathidae). *Life*, 11(10). 2021. <https://doi.org/10.3390/life1100998>.

[39] Woods CMC. Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36(3). 2002. <https://doi.org/10.1080/00288330.2002.9517121>



[40] García LMB. Hilomen-García GV. Celino FT. Gonzales TT y Maliao RJ. Diet composition and feeding periodicity of the seahorse *Hippocampus barbouri* reared in illuminated sea cages. *Aquaculture*, 358–359. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.013>

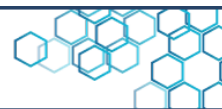
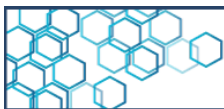
[41] Curtis JMR y Vincent ACJ. Distribution of sympatric seahorse species along a gradient of habitat complexity in a seagrass-dominated community. *Marine Ecology Progress Series*, 291. 2005. <https://doi.org/10.3354/meps291081>

[42] Vincent A. C. J. Evans K. L. y Marsden A. D. Home range behaviour of the monogamous Australian seahorse, *Hippocampus whitei*. *Environmental Biology of Fishes*, 72(1). 2005. <https://doi.org/10.1007/s10641-004-4192-7>

[43] CITES. Comercio de los caballitos de mar. 2005. <https://cites.org/sites/default/files/esp/notif/2005/014.pdf>




[44] Baum JK Meeuwig JJ y Vincent ACJ. Bycatch of lined seahorses (*Hippocampus erectus*) in a Gulf of Mexico shrimp trawl fishery. *Fishery Bulletin*, 101(4). 2003

[45] Collie JS. Hall SJ. Kaiser MJ y Poiner IR. A quantitative analysis of fishing impacts shelf-sea benthos. *Journal of Animal Ecology*, 69(5). 2000 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2000.00434.x>



## Artículo de investigación

# Formulación de una bebida saborizada a base de colágeno hidrolizado y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L)

Leidimar Hernández<sup>1</sup> , Víctor Zamora<sup>2</sup> , Jhonny Medina<sup>3</sup> 

**1** Ingeniera Químico, egresada de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. **2** Departamento de Dibujo, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. **3** Departamento de Química, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

## Resumen

Las bebidas saborizadas representan una opción nutritiva, refrescante, natural y saludable para los consumidores que buscan alternativas a los refrescos y bebidas energizadas. En este sentido, se planteó como objetivo de investigación desarrollar una bebida saborizada a base de colágeno hidrolizado y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L). Para esto, se caracterizó la materia prima requerida, para la elaboración de la bebida. Luego, se estableció experimentalmente, las proporciones de las materias primas caracterizadas, para la preparación de la bebida saborizada, y se determinaron las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida preparada. Los resultados indican que las materias primas analizadas poseen características adecuadas de humedad, acidez iónica y contenido de sólidos disueltos, para su utilización en la elaboración de una bebida de flor de Jamaica con criterios de calidad. Además, el extracto de flor/agua 1:20 con un pH 2,46 y un contenido de azúcar de 0,83 °Brix, es el que mejor se ajusta a los criterios evaluados para llevar a cabo la producción de la bebida saborizada. Las formulaciones preparadas pueden ser consideradas como bebidas ácidas. La formulación seleccionada fue la constituida por 77,26 % de agua, 19,62 % de extracto de flor de Jamaica, 2,91 % de azúcar, 0,10 % de colágeno y 0,11 % de ácido cítrico, con características fisicoquímicas tales como: pH 2,44 adim, contenido de sólidos solubles 3,5 °Brix, densidad 1,1308 g/mL, acidez titulable 0,0564 mg/mL, y con características sensoriales como el color, sabor, textura y aroma, que agradaron a un alto porcentaje de la población estudiada.

**Palabras clave:** bebida saborizada, colágeno hidrolizado, flor de Jamaica.



**Recibido:** 06 de febrero del 2024

**Aceptado:** 29 de enero del 2025

**Publicado:** 6 de marzo del 2025

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**DOI:** 10.5281/zenodo.13305788

**\*Autor para correspondencia:**

Leidimar Hernández, Jhonny Medina

**e-mail:**

[leidimarhernandezn@gmail.com](mailto:leidimarhernandezn@gmail.com);

[jhonnymedina@yahoo.com](mailto:jhonnymedina@yahoo.com)

## Research article

**Formulation of a flavored drink based on hydrolyzed collagen and hibiscus flower (*Hibiscus Sabdariffa* L)**Hernández Leidimar <sup>1</sup> , Zamora Víctor <sup>2</sup> , Medina Jhonny <sup>3</sup>

**1** Ingeniera Químico, egresada de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. **2** Departamento de Dibujo, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. **3** Departamento de Química, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

**Abstract**

Flavored beverages represent a nutritious, refreshing, natural and healthy option for consumers looking for alternatives to soft drinks and energy drinks. In this sense, the objective of this research was to develop a flavored beverage based on hydrolyzed collagen and hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa* L.). To this end, the raw material required for the preparation of the beverage was characterized. Then, the proportions of the characterized raw materials were experimentally established for the preparation of the flavored beverage, and the physicochemical and sensory characteristics of the prepared beverage were determined. The results indicate that the raw materials analyzed have adequate characteristics of humidity, ionic acidity, and dissolved solids content for use in the preparation of a hibiscus flower beverage with quality criteria. In addition, the flower/water extract 1:20 with a pH of 2.46 and a sugar content of 0.83 °Brix is the one that best fits the criteria evaluated to carry out the production of the flavored beverage. The prepared formulations can be considered as acidic beverages. The selected formulation was made up of 77.26 % water, 19.62 % hibiscus flower extract, 2.91 % sugar, 0.10 % collagen and 0.11 % citric acid, with physicochemical characteristics such as: pH 2.44 adim, soluble solids content 3.5 ° Brix, density 1.1308 g/mL, titratable acidity 0.0564 mg/mL, and with sensory characteristics such as color, flavor, texture, and aroma, which pleased a high percentage of the population studied.

**Keywords:** flavored drink, hibiscus flower, hydrolyzed collagen.**Received:** February 6, 2024**Accepted:** January 29, 2025**Published:** March 6, 2025**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.**DOI:** 10.5281/zenodo.13305788**\*Autor para correspondencia:**

Leidimar Hernández, Jhonny

Medina

**e-mail:**[leidimarhernandezn@gmail.com](mailto:leidimarhernandezn@gmail.com);[jhonnymedina@yahoo.com](mailto:jhonnymedina@yahoo.com)

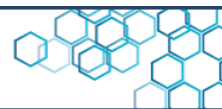
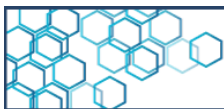


## 1. Introducción

Las bebidas saborizadas representan una categoría consumida a nivel global, contribuyendo significativamente a los hábitos alimenticios de las sociedades contemporáneas. Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020) [1], el consumo de bebidas saborizadas ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, convirtiéndose en una parte integral de la dieta moderna. El consumo per cápita de estas bebidas ha alcanzado cifras notables, señalando su popularidad y su presencia cotidiana en la vida de las personas [2]. Sin embargo, es crucial abordar la formulación de estas bebidas desde una perspectiva de salud, considerando ingredientes que aporten beneficios nutricionales y bienestar general.

En el contexto de los componentes y aditivos utilizados en la preparación de bebidas saborizadas, es imperativo analizar la naturaleza de dichos elementos para comprender su impacto en la salud humana. La incorporación de aditivos naturales y funcionales ha ganado relevancia en la industria alimentaria [3]. Este enfoque no solo se traduce en opciones más saludables, sino que también abre oportunidades para la exploración de sabores innovadores y beneficios adicionales para el consumidor [4].

En este contexto, el colágeno hidrolizado y la flor de Jamaica emergen como aditivos alternativos prometedores para la formulación de bebidas saborizadas. El colágeno, una proteína esencial en tejidos conectivos, ha sido objeto de interés debido a sus beneficios para la piel, las articulaciones y la salud en general [5]. Por otro lado, la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) destaca por su contenido antioxidante y propiedades antiinflamatorias, según estudios recientes [6]. La combinación de estos ingredientes ofrece



no solo un perfil sensorial único sino también una serie de beneficios para la salud que podrían mejorar la percepción del consumidor hacia las bebidas saborizadas.

El presente artículo tiene como objetivo principal la formulación de una bebida saborizada que integre colágeno hidrolizado y flor de Jamaica como componentes clave. La investigación se centró en la selección de la receta adecuada para garantizar la estabilidad de los componentes, la aceptación sensorial y, lo más importante, la mejora de los beneficios para la salud asociados con la ingesta de estas bebidas. Al abordar este objetivo, se espera contribuir al desarrollo de opciones más saludables y atractivas en el mercado de bebidas saborizadas, proporcionando alternativas nutritivas y deliciosas para el consumidor consciente de la salud.

## **2. Metodología.**

### **2.1. Materia prima utilizada.**

La materia prima utilizada en la investigación fue: agua potable, flor de Jamaica, colágeno hidrolizado, azúcar y ácido cítrico. Es de hacer notar, que la flor de Jamaica utilizada fue cultivada y recolectada por el señor Ernesto Armando Hernández (Q.E.D.P), en Nirgua al Centro-Occidente del país, y se trasladó en bolsa de papel al Laboratorio de Polímeros del Centro de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo para su acondicionamiento y caracterización. En tanto, que las otras materias primas fueron adquiridas en el comercio de la localidad.

### 2.1.1.- Preparación del extracto de flor de Jamaica.

Para la preparación del extracto de flor de Jamaica se colocó en un vaso precipitado de 800 mL, la proporción de agua y flor de Jamaica correspondiente, tal como se muestra en la Tabla 1, y se calentó a ebullición por 15 minutos bajo agitación constante. Luego se dejó enfriar, se filtró y se almacenó el extracto para su posterior caracterización. Es de resaltar, que de los extractos de la Tabla 1, se seleccionó uno y se utilizó como materia prima en la elaboración de las formulaciones realizadas en esta investigación.

**Tabla 1.-** Relación de Concentrados utilizados para la formulación.

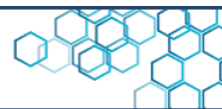
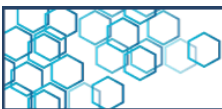
Relación de extractos	Cantidades utilizadas
01:20	10 g de Flor de Jamaica: 200 mL de agua
01:30	10 g de Flor de Jamaica: 300 mL de agua
01:40	10 g de Flor de Jamaica: 400 mL de agua

### 2.2. Ensayos de caracterización fisicoquímicos.

A continuación, se describen los ensayos realizados para examinar las características de las materias primas y productos terminados de la investigación.

#### 2.2.1.- Determinación del potencial de hidrógeno (pH).

Para la determinación del potencial de hidrógeno (pH), se siguió el procedimiento establecido en la norma Covenin 1315-2021 [7]. Para esto, se pesó 1,00 g de muestra. Luego, se disolvió en 10,00 mL de agua destilada, y se filtró. Al líquido obtenido, se le midió pH mediante un pHmetro marca Dr. Meter modelo pH-100.



### 2.2.2.- Determinación del contenido de humedad.

La determinación del contenido de humedad se llevó a cabo mediante el procedimiento establecido en la Norma Covenin 1153-80 [8]. Para ello, se pesó sobre una cápsula de Petri seca 1,0000 g de muestra. Luego, se colocó en la estufa 105 °C, durante 1 hora. Se dejó enfriar en un desecador y se pesó hasta obtener masa constante. El contenido de humedad de la muestra se calculó empleando la ecuación 1.

$$\text{Contenido de Humedad, \%} = \frac{mh(g) - ms(g)}{mh(g)} \times 100 \quad \text{ecuación 1.}$$

Donde mh es la masa (en gramos) de la muestra húmeda y ms es la masa (en gramos) de la muestra seca.

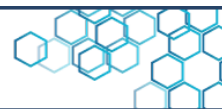
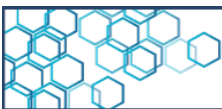
### 2.2.3.- Determinación de la densidad.

Para determinar la densidad aparente de las muestras sólidas, se empleó la metodología señalada por Smith (1967) [9]. Para esto, se pesó en una balanza analítica un cilindro vacío de 25 mL de capacidad. Luego se adicionó con sumo cuidado y por medio de un embudo la muestra sólida hasta completar el aforo del mismo. Posterior a esto, se pesó el cilindro lleno y se calculó la densidad aparente mediante la ecuación 2.

$$\text{Densidad del sólido, g/mL} = \frac{mll(g) - mc(g)}{25 \text{ mL}} \quad \text{ecuación 2.}$$

Donde mll es la masa (expresada en gramos) del cilindro lleno con la muestra sólida y mc es la masa (expresada en gramos) del cilindro vacío.

En cuanto a las muestras líquidas, la densidad se determinó según el procedimiento descrito en la Norma Covenin 1116-77 [10]. Para esto, se pesó



un picnómetro vacío de 25 mL, luego se llenó con la muestra líquida, y se pesó nuevamente. La densidad de la muestra líquida se calculó empleando la ecuación 3.

$$\text{Densidad del líquido, g/mL} = \frac{m_{ll} (g) - m_c (g)}{25 \text{ mL}} \quad \text{ecuación 3.}$$

Donde  $m_{ll}$  es la masa (expresada en gramos) del picnómetro lleno con la muestra líquida y  $m_c$  es la masa (expresada en gramos) del picnómetro vacío.

#### **2.2.4.- Determinación de la dureza del agua.**

Para determinar la dureza del agua se utilizó el procedimiento establecido en la Norma Covenin 1431 – 82 [11]. Para esto, se vertieron 50 mL de la muestra en un Beaker de 100 mL, Luego, se añadió 1 mL de solución buffer amoniacal de pH 10 y 2 gotas del indicador negro de eriocromo-T. Posterior a esto, se tituló con solución EDTA.

#### **2.2.5.- Determinación del contenido de cloro en el agua.**

La determinación del porcentaje de cloro en el agua potable se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito en la Norma Covenin 1431 – 82 [11], utilizando un test de cloro. Para esto, se colocó una cucharadita de ácido bórico a la muestra de agua, se agitó y se esperó 1 minuto para añadir 2 gotas de ioduro de potasio, se dejó en reposo por 1 minuto y se midió por colorimetría.

#### **2.3.- Formulación de la bebida saborizada.**

Para establecer las proporciones de las materias primas caracterizadas en la elaboración de la bebida saborizada, se planteó a escala de laboratorio

una matriz experimental constituida de 17 formulaciones, en las que se varió el contenido de materias primas, tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.-** Matriz experimental para la formulación de una bebida de Flor de Jamaica/ Colágeno Hidrolizado.

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>
Agua Potable	<=80,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Concentrado FJ	20,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Azúcar</b>	<b>&lt;3,00</b>																	
Azúcar	1,00	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Azúcar	2,00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Azúcar	3,00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<b>Colágeno</b>	<b>&lt;0,30</b>																	
Colágeno	0,10	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Colágeno	0,20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Colágeno	0,30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Ácido Cítrico	c.s, pH 3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Total</b>	<b>&gt;100,00</b>																	

Para la preparación de las formulaciones de la Tabla 2, se utilizó un vaso precipitado de 100 mL, en el cual se colocó la cantidad de agua y del extracto de flor de Jamaica. Luego, bajo agitación constante, se fue añadiendo el colágeno hidrolizado, el azúcar, y el ácido cítrico. Luego, se filtró y se almacenó para su posterior caracterización.

### 2.3.1.- Caracterización de las bebidas saborizadas formuladas.

La caracterización de las bebidas saborizadas formuladas, se llevó a cabo mediante la determinación de la ácida iónica (pH), tal como se realizó en el apartado 2.2.1., y el contenido de sólidos disueltos; para lo cual se utilizó el método descrito en la Norma Covenin 762-95 [12], empleando un refractómetro modelo Hand Held, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.-** a) Equipo utilizado para la determinación de grados Brix. b) Refractómetro calibrado con agua destilada. c) Medición de grados brix a la bebida con el refractómetro.

## 2.4.- Caracterización bebida seleccionada.

Una vez seleccionada la bebida saborizada entre las 17 formulaciones preparadas, se amplió su caracterización mediante los siguientes ensayos de laboratorio:

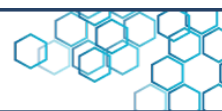
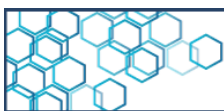
### 2.4.1.- Determinación de la acidez total.

Para determinar la acidez total se siguió el procedimiento establecido en la Norma Covenin 1151-77 [13]. Para esto, se tomaron 100 mL agua destilada y se le ajustó el pH hasta 8,2 usando de hidróxido de sodio al 0,104 N. Luego se agregaron 50 mL de la bebida saborizada, y se tituló con hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH de 8,2. La acidez total expresada como ácido acético por cada 100 mL de bebida saborizada, se calculó empleando la ecuación 4.

$$\text{Acidez total} = \frac{100 \cdot V_1 \cdot N \cdot me}{V} \quad \text{ecuación 4.}$$

Donde V es el volumen en mililitros de la muestra, V1 es el volumen en mililitros de NaOH empleado en la titulación, N es la normalidad de la





solución de hidróxido de sodio y me es el peso miliequivalente del ácido cítrico.

#### 2.4.2.- Determinación de las propiedades sensoriales.

Para realizar el análisis sensorial de la bebida seleccionada, se conformó un panel de consumidores integrado por 25 personas residentes de la parroquia urbana San José del municipio Valencia del Estado Carabobo, con el fin de conocer la opinión sobre los atributos visuales como el color y la apariencia de las mezclas, así como de aspectos relacionados con el olfato, como el aroma y la fragancia de la preparación, además del sabor.

Para esto, se utilizó una herramienta de consulta, validada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. La herramienta solicita a los participantes que comparen la similitud del color, sabor, textura y aroma de la bebida preparada con respecto a una bebida patrón seleccionada, en este caso, una bebida sabor a flor de Jamaica a base de té negro comercial. La finalidad es obtener información precisa sobre las preferencias y percepciones de los participantes en relación a las diferentes variantes evaluadas.

**Tabla 3.-** Encuesta realizada para la evaluación de las propiedades organolépticas de diferentes muestras.

ENCUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA BEBIDA SABORIZADA					
MARQUE CON UNA (X) LA OPCIÓN QUE CONSIDERE CORRECTA.					
N.º MUESTRA	DESCRIPCIÓN CON RESPECTO A LA BEBIDA	PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS A EVALUAR			
		COLOR	SABOR	TEXTURA	AROMA
	Muy Bueno				
	Bueno				
	Regular				
	Malo				
	Muy Malo				

### 3. Resultados y Discusión.

En la Tabla 4, se muestran los resultados de la caracterización de la materia prima empleada en esta investigación. En ella, se tiene que el contenido de humedad de la flor de Jamaica fue de 10,55 %. Este valor se encuentra en el rango establecido por diversos autores, quienes señalan que conocer el contenido de humedad es importante porque su presencia puede afectar las propiedades del material. Por lo que, en este caso se puede utilizar la flor de Jamaica sin realizar algún pretratamiento para su uso en la preparación de bebidas saborizadas [14].

**Tabla 4.-** Características de la materia prima en estudio.

Materia prima	Parámetro	Valor obtenido	Valor de referencia	Método de Ensayo / Norma Utilizada
Flor de Jamaica	Contenido de humedad, (CH $\pm$ 0,51)%	10,55	10 – 12	(Ruiz <i>et al</i> , 2015)
Agua	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	7,45	6,5 – 8,8	Norma COVENIN 1431 - 82
	Contenido de cloro, (Ccl $\pm$ 0,01)ppm	0,00	$\leq$ 250,0	
	Dureza total, (Dt $\pm$ 1,0) ppm	22,0	$\leq$ 500,0	
	Densidad, (D $\pm$ 0,04) g/mL	1,05	-	
Ácido Cítrico	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	3,27		Ficha técnica
	Densidad, (D $\pm$ 0,03)g/mL	0,85		
	Contenido de humedad, (CH $\pm$ 0,14)%	0,18		
Azúcar	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	7,45		Ficha técnica
	Densidad, (D $\pm$ 0,01)g/mL	0,88		
	Contenido de humedad, (CH $\pm$ 0,01)%	0,79		

En cuanto a los resultados del agua, se encontró un pH de 7,45; una dureza de 22 ppm, un contenido de cloro 0 ppm y una densidad de 1,05 g/mL. Todos los resultados se encuentran en el rango establecido en la Norma Covenin 1431-82 [11]. Lo que implica que el agua se encuentra en adecuadas condiciones de potabilidad para su utilización en la preparación de la bebida saborizada [15].

Por su parte, al caracterizar el ácido cítrico y el azúcar, se encontró para el ácido cítrico un pH de 3,27; una densidad de 0,85 g/mL y un contenido de humedad de 0,18 %. En cuanto al azúcar, se determinó un pH 7,45; una densidad de 0,88 g/mL y un contenido de humedad de 0,79 %. Para ambas materias primas, los valores determinados se encuentran en el rango establecido en la etiqueta o ficha técnica de cada uno de estos productos, por lo que se considera que poseen las condiciones adecuadas para su utilización, en la elaboración de la bebida que se plantea.

Por otra parte, se caracterizó el extracto de flor de Jamaica preparado a diferentes proporciones de flor/agua, con la finalidad de establecer la adecuada proporción para la preparación del extracto y su posterior utilización como materia prima en la elaboración de la bebida deseada.

En la Tabla 5, se muestran los resultados de la caracterización de los extractos preparados. En ella, se evidencia que entre los extractos preparados la variación del pH es mínima y todos los valores se mantienen en el rango 2,40 – 2,65 establecido por diversos autores. En cuanto, a los sólidos solubles se encontró que el mayor valor (0,83 °Brix) corresponde al extracto 1:20, mientras que el menor valor (0,27 °Brix) al extracto 1:40. Es de resaltar, que este parámetro está relacionado con la cantidad de azúcares y ácidos orgánicos presentes en los frutos y que el valor de °Bx en los extractos varía dependiendo de factores como la proporción de flor/agua que se utilice en su preparación. En consecuencia, se seleccionó el extracto de flor de Jamaica 1:20 con pH de 2,46 y un contenido de sólidos solubles de 0,83 °Brix, ya que cumple con las características establecidas por los autores para la elaboración de la bebida saborizada, y porque amerita de menor cantidad de agua para su preparación [15].

**Tabla 5.-** Características de los extractos preparados.

Extracto flor de Jamaica	Parámetro	Valor obtenido	Valor de referencia	Método de Ensayo / Norma Utilizada
<b>1:20</b>	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	2,46	2,40 – 2,65	(Salinas <i>et al</i> , 2012)
	Densidad, (D $\pm$ 0,02)g/mL	1,26		
	Contenido de solidos solubles, (Css $\pm$ 0,01)°Bx	0,83	0,15 – 0,85	(Salinas <i>et al</i> , 2012)
<b>1:30</b>	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	2,44	2,4 – 2,65	(Salinas <i>et al</i> , 2012)
	Densidad, (D $\pm$ 0,01)g/mL	1,36		
	Contenido de solidos solubles, (Css $\pm$ 0,01)°Bx	0,42	0,15 – 0,85	(Salinas <i>et al</i> , 2012)
<b>1:40</b>	Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	2,49	2,4 – 2,65	(Salinas <i>et al</i> , 2012)
	Densidad, (D $\pm$ 0,01)g/mL	1,27		
	Contenido de solidos solubles, (Css $\pm$ 0,01)°Bx	0,27	0,15 – 0,85	(Salinas <i>et al</i> , 2012)

En virtud de lo señalado, se indica que las diversas materias primas analizadas poseen características adecuadas de humedad, acidez iónica y contenido de azúcares o sólidos disueltos, para su utilización en la elaboración de una bebida de flor de Jamaica con criterios de calidad, tal como lo establece la normativa vigente en el área. Además, se encontró que la proporción flor/agua que se ajusta a estos criterios, es el extracto preparado con una relación de 1:20.

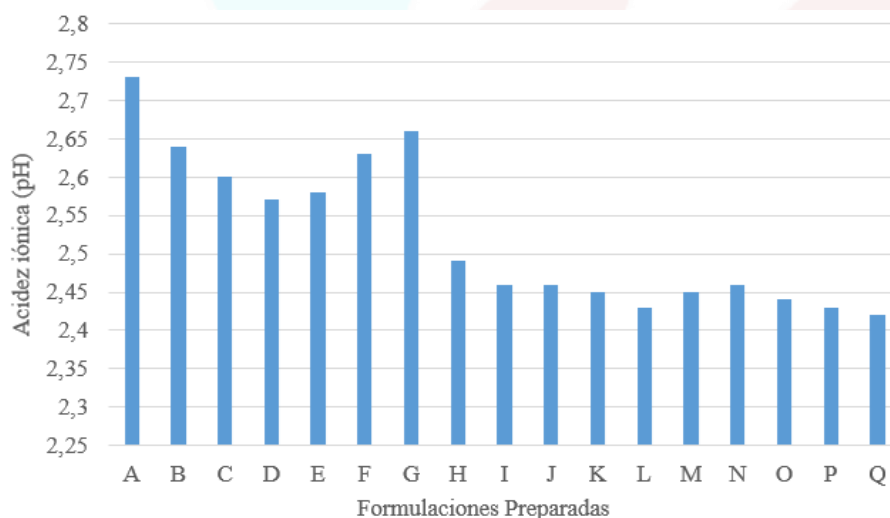
Tal como se señaló en la Tabla 2, se prepararon 17 formulaciones empleando diferentes proporciones de las materias primas caracterizadas. Luego, se caracterizó en términos de acidez iónica y contenido de azúcar o sólidos solubles. Posterior a esto, se seleccionó la formulación que se consideró la más adecuada a los criterios establecidos.

En la Tabla 6 se presentan los diferentes porcentajes máscicos de cada una de las materias primas utilizadas en las formulaciones preparadas, en ella se muestran las variaciones de la acidez iónica (pH) y el contenido de sólidos solubles (°Brix). Así, para la formulación A, constituida de extracto-agua, se determinó el mayor valor de pH (2,73 adm.). Como se evidencia, este valor disminuye a medida que se incorpora los aditivos (azúcar, colágeno y ácido cítrico). Esta disminución generalizada, se debe al efecto causado por la

naturaleza química de los aditivos utilizados, los cuales aportan iones hidronio que cambian el pH del medio, tal como se muestra en la Figura 2.

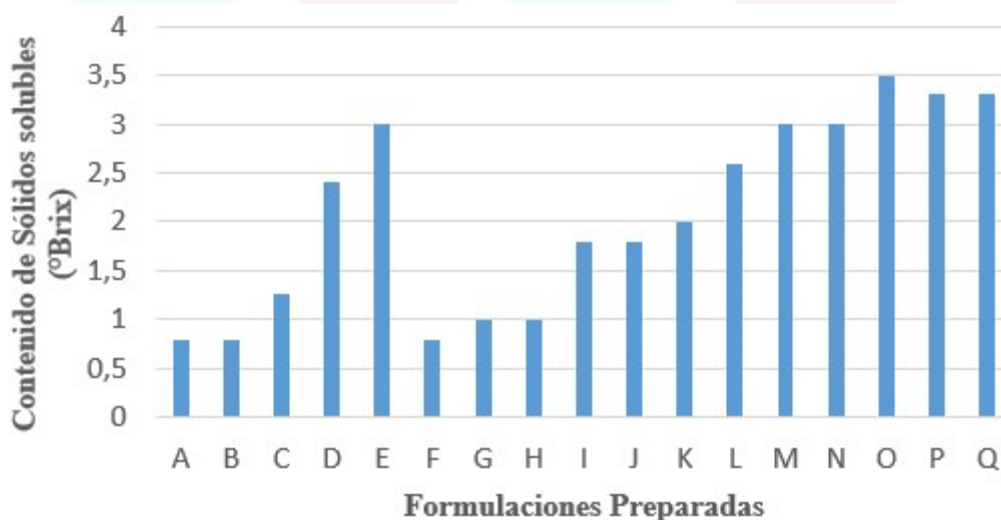
**Tabla 6.-** Características de las formulaciones preparadas.

Formulaciones		Porcentaje Másico, %.					Acidez Iónica (pH $\pm$ 0,01) adm.	Contenido de sólidos solubles (C <sub>ss</sub> $\pm$ 0,01) °Bx
		Agua Potable	Extracto Flor/agua	Azúcar	Colágeno	Ácido Cítrico		
1	A	79,92	20,08	0,00	0,00	0,00	2,73	0,80
2	B	79,87	20,02	0,00	0,00	0,11	2,64	0,80
3	C	79,09	19,81	1,00	0,00	0,10	2,60	1,27
4	D	78,31	19,60	1,98	0,00	0,11	2,57	2,40
5	E	77,53	19,46	2,91	0,00	0,10	2,58	3,00
6	F	79,80	19,98	0,00	0,12	0,10	2,63	0,80
7	G	79,64	20,04	0,00	0,22	0,10	2,66	1,00
8	H	79,64	19,95	0,00	0,30	0,11	2,49	1,00
9	I	79,00	19,81	0,99	0,10	0,10	2,46	1,80
10	J	78,76	19,93	1,00	0,20	0,11	2,46	1,80
11	K	78,76	19,75	1,01	0,30	0,12	2,45	2,00
12	L	78,20	19,61	1,97	0,10	0,12	2,43	2,60
13	M	78,13	19,58	1,97	0,20	0,12	2,45	3,00
14	N	78,02	19,60	1,96	0,31	0,11	2,46	3,00
15	O	77,26	19,62	2,91	0,10	0,11	2,44	3,50
16	P	77,36	19,43	2,91	0,20	0,10	2,43	3,30
17	Q	77,20	19,46	2,91	0,31	0,12	2,42	3,30



**Figura 2.-** Variación de la acidez iónica de las distintas formulaciones preparadas.

Estos cambios en la acidez iónica se producen debido a las fluctuaciones en la concentración de hidrógeno en la bebida [16]. Es de resaltar, que todas las formulaciones preparadas poseen un pH ácido, con valores aceptables en el rango recomendado para las bebidas no alcohólicas. Por su parte, con base en los datos presentados en la Figura 3, se puede observar una clara correlación entre las diferentes formulaciones de la bebida saborizada y su contenido de sólidos solubles. A medida que el porcentaje de azúcar aumenta en la formulación, también se incrementa la cantidad de sólidos solubles presentes en la bebida. Esta relación directa entre la cantidad de azúcar añadida y el contenido de sólidos disueltos es evidencia de la influencia que tiene el azúcar en la composición y calidad de la bebida saborizada.



**Figura 3.-** Variación del contenido de sólidos solubles de las distintas formulaciones preparadas.

Además, es importante destacar que los sólidos solubles desempeñan un papel crucial en la experiencia sensorial de la bebida. Cuanto mayor sea el contenido de sólidos solubles, es más probable que la bebida tenga una textura más densa y un sabor más intenso. Esto puede ser deseable para algunos consumidores que buscan una bebida más sustancial y sabrosa. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un alto contenido de sólidos solubles también puede ser perjudicial para la salud, en especial si está asociado con un exceso de azúcar [16]. Por lo tanto, es fundamental encontrar un equilibrio adecuado en la formulación de la bebida saborizada para ofrecer una experiencia sensorial agradable sin comprometer la salud del consumidor.

Ahora bien, con base en lo expuesto anteriormente, se indica que las formulaciones preparadas cuentan con una acidez iónica dentro del rango de los parámetros para ser considerada como una bebida ácida [15]. En virtud de esto, se seleccionó la formulación 15, constituida por 77,26 % de agua, 19,62 % de extracto de flor de Jamaica, 2,91 % de azúcar, 0,10 % de colágeno y 0,11 % de ácido cítrico, con valor de pH de 2,44 adm y un contenido de sólidos solubles de 3,5 °Brix.

En la Tabla 7, se muestran los resultados de la caracterización de la formulación seleccionada en el objetivo anterior. Con una acidez iónica de 2,44 adm, un contenido de sólidos solubles de 3,50 °Brix, una densidad de 1,13 g/mL, y una acidez titulable de 0,056 mg de ácido cítrico/mL, se señala que la bebida preparada reúne las características adecuadas a los criterios establecidos en la Norma Covenin 762-95 [12], referida a bebidas gaseosas, la cual incluye los parámetros establecidos para bebidas no alcohólicas. Por lo que, la formulación evaluada reúne las condiciones adecuadas con criterios de calidad, tal como lo establece la normativa vigente en el área.



**Tabla 7.-** Características de la formulación seleccionada.

Parámetro	Valor obtenido	Valor de referencia	Método de Ensayo / Norma Utilizada
Acidez iónica, (pH $\pm$ 0,01)adm.	2,44	$\leq$ 4,5	Norma COVENIN 2182-95
Contenido de sólidos solubles, (C <sub>ss</sub> $\pm$ 0,01)°Bx	3,50	0,5 – 5,5	
Densidad, (D $\pm$ 0,07)g/mL	1,13	-	
Acidez titulable, (Ac $\pm$ 0,01) mg/mL	0,06	0,003 – 0,5	

Posterior a la caracterización de la formulación seleccionada, se llevó a cabo el análisis sensorial empleando una muestra no representativa de 25 personas. Los resultados de este análisis se detallan a continuación:

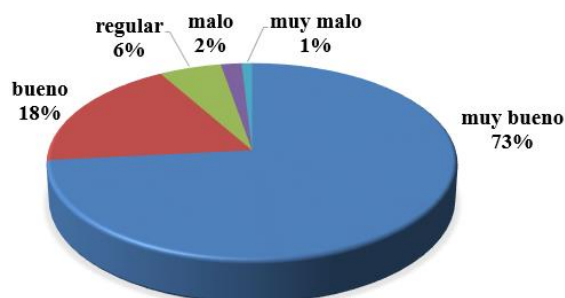
En la Figura 4, se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al color. En ella, se tiene que el 100 % de los participantes encuentran que la bebida preparada presenta un color muy bueno, lo que implica que el color obtenido es agradable para los consumidores que participaron en el estudio.



**Figura 4.-** Resultado de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al color.

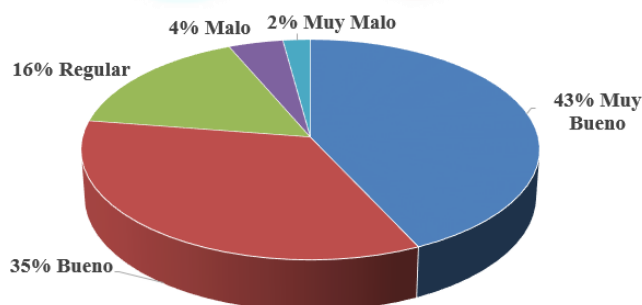
En la Figura 5, se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al sabor. En ella, se tiene que el 73 % de los participantes encuentran que la bebida preparada presenta un sabor muy bueno, el 18 % que el sabor es bueno y el resto considera que es regular,

malo o muy malo. Estos resultados, señalan que el sabor de la bebida posee una aceptación del más del 90 % de los consumidores que participaron en el estudio.



**Figura 5.-** Resultado de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al sabor.

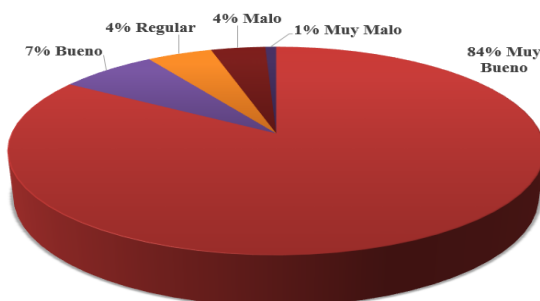
En la Figura 6, se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto a la textura. En ella, se tiene que el 43 % de los participantes consideran que la bebida preparada presenta una textura muy buena, el 35 % que es buena, un 16 % la encontró regular y el resto considera que es mala o muy mala. Estos resultados, indican que la textura de la bebida posee una aceptación del más del 80 % de los participantes del estudio.



**Figura 6.-** Resultado de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto a la textura.

En la Figura 7 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al aroma. En ella, se tiene que el 84 % de los

participantes consideran que la bebida preparada presenta un aromar muy bueno, el 7 % que es bueno y el resto considera que es regular, malo o muy malo. Estos resultados, señalan que el aroma de la bebida posee una aceptación del más del 90 % de los consumidores que participaron en el estudio.

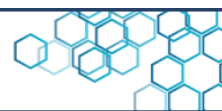
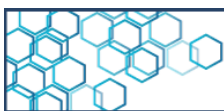


**Figura 7.-** Resultado de la evaluación sensorial de la bebida saborizada con respecto al aroma.

De acuerdo a los señalamientos anteriores se indica que la formulación seleccionada presenta características que se enmarcan en el contexto establecido en las normas de calidad relacionadas con la preparación de este tipo de bebida. Además, posee características sensoriales como el color, sabor, textura, y aroma, que agradaron a un alto porcentaje de la población participante en el estudio.

#### 4. Conclusiones.

Las materias primas analizadas poseen características adecuadas de humedad, acidez iónica, y contenido de azúcares o sólidos disueltos, para su utilización en la elaboración de una bebida de flor de Jamaica con criterios de calidad, tal como lo establece la normativa vigente en el área. El extracto de flor/agua 1:20 con un pH 2,46 y un contenido de azúcar de 0,83



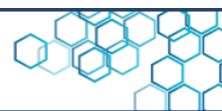
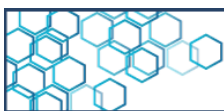
°bx, es el que mejor se ajusta a los criterios evaluados para llevar a cabo la producción de la bebida saborizada. Las formulaciones preparadas cuentan con una acidez iónica y un contenido de sólidos solubles para ser considerada como una bebida ácida. La formulación seleccionada fue la constituida por 77,26 % de agua, 19,62 % de extracto de flor de Jamaica, 2,91 % de azúcar, 0,10 % de colágeno y 0,11 % de ácido cítrico, con características fisicoquímicas tales como: pH 2,44 adim, contenido de sólidos solubles 3,5 °Brix, densidad 1,1308 g/mL, acidez titulable 0,0564 mg/mL, y características sensoriales como el color, sabor, textura y aroma, que agradaron a un alto porcentaje de la población estudiada.

### Agradecimientos.

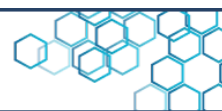
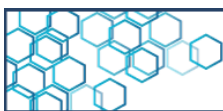
Al personal que labora en el Laboratorio de Polímeros del Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo por permitirnos hacer uso de sus espacios y herramientas para el desarrollo de las actividades experimentales establecidas en los objetivos de la investigación. Al Licenciado Juan Vicente Herrera, y al Sr Freddy Waldrop por toda la colaboración prestada y por mostrar en todo momento entera disposición para ayudarnos.

### Referencias

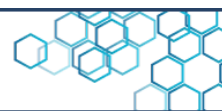
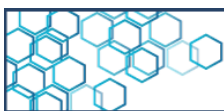
[1] Organización Mundial de la Salud. (2014). Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles. ISBN 978 92 4 156485 4.



- [2] Yan Yi Sim, Kar Lin Nyam. (2021). *Hibiscus cannabinus* L. (kenaf) studies: Nutritional composition, phytochemistry, pharmacology, and potential applications. Food Chemistry. 344, 128582, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128582>.
- [3] Smail A. Adil Q., Miloudia S. Mohamed S. (2023). A Comprehensive Overview of *Hibiscus rosa-sinensis* L.: Its Ethnobotanical Uses, Phytochemistry, Therapeutic Uses, Pharmacological Activities, and Toxicology. Bentham Science Publishers. 24, 1, 2024, 86-115(30), <https://doi.org/10.2174/1871530323666230522113405>
- [4] Rasheed D. Porzel A. Frolov A. El Seedi H. Wessjohann L. Farag M. (2018). Comparative analysis of *Hibiscus sabdariffa* (roselle) hot and cold extracts in respect to their potential for  $\alpha$ -glucosidase inhibition. Food Chemistry. 250, 236-244, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.020>.
- [5] Wang ML, Morris B, Tonniss B, Davis J, Pederson GA (2012) Assessment of oil content and fatty acid composition variability in two economically important *Hibiscus* species. J Agric Food Chem 60(26):6620–6626. <https://doi.org/10.1021/jf301654y>
- [6] Thovhogi N, Diallo A, Gurib-Fakim A, Maaza M (2015) Nanoparticles green synthesis by *Hibiscus sabdariffa* flower extract: main physical properties. J Alloys Compd 647:392–396. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.06.076>
- [7] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 1315. (1997). Determinación de pH (acidez iónica). Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [8] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 1153. (1980). Determinación de Humedad. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [9] Jumaidin R., Akmal M., Sutan Z., Sapuan S., Ahmad R. (2020). Effect of Cogon Grass Fibre on the Thermal, Mechanical and Biodegradation Properties of Thermoplastic Cassava Starch Biocomposite. International



- Journal of Biological Macromolecules. 146. pp: 746-755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2019.11.011>
- [10] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 1116. (1977) Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación de la densidad relativa. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [11] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 1431. (1982). Agua potable envasada. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [12] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 762. (1995). Bebidas Gaseosas. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [13] Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) 1151. (1977). Frutas y productos. derivados. Determinación de la acidez. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. Venezuela.
- [14] Da-Costa-Rocha I., Bonnlaender B., Sievers H., Pischel I., Heinrich M. (2014). Hibiscus sabdariffa L. – A phytochemical and pharmacological review, Food Chemistry. 165, 424-443, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>.
- [15] Riaz G., Chopra R. (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of Hibiscus sabdariffa L. Biomedicine & Pharmacotherapy. 102, 575-586, <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.03.023>.
- [16] Salem, M.A., Zayed, A., Beshay, M.E. (2022). Hibiscus sabdariffa L.: phytoconstituents, nutritive, and pharmacological applications. ADV TRADIT MED (ADTM) 22, 497-507, <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00542-7>



## Revisión Bibliométrica

### Necesidades en competencias blandas ante tiempos complejos: un estudio bibliométrico

Héctor Rodríguez-Molina <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Tecnología Química.

## Resumen

El cierre del siglo XX, caracterizado por descubrimientos científicos y tecnológicos que han abierto una nueva era, marcando a la sociedad que transita en un mundo complejo y dinámico, influenciado por la globalización, grandes movimientos de bienes y personas; en donde irrumpen constantemente la digitalización y la interconectividad, logrando cambios técnicos e imponiendo un camino con necesidades más exigentes. Estos cambios han suscitado esfuerzos en las organizaciones que consisten en replantear y reformular los conceptos básicos y estratégicos en los que basaron sus modelos de negocios fundacionales, debido a que el transitar bajo estos entornos, exige que continúen cumpliendo con los objetivos planteados en el pasado, mientras se adaptan sus enfoques a los desafíos y riesgos de un contexto VICA2, caracterizado por la Volatilidad-Vulnerabilidad, Incertidumbre-Inseguridad, Complejidad-Caos y Ambigüedad-Adversidad. El contexto empresarial no está exento de estos cambios, ha venido migrando en las necesidades organizacionales, buscando adaptarse a lo cambiante de las exigencias. Es en este punto donde las competencias blandas tienen un rol de importancia, haciendo que su demanda se encuentre en niveles muy altos, jamás observados. El objeto de este artículo se basa en abordar las competencias blandas requeridas para el transitar exitoso durante estos tiempos complejos, dinámicos e inclusivos, definidos como el VICA2. El abordaje se realizará mediante un estudio bibliométrico para evaluar las nuevas perspectivas que surgen en cuanto a las competencias blandas, identificando cuáles de ellas resultan clave y las posibles oportunidades de desarrollo para su capacitación y formación.

**Palabras clave:** competencias blandas, complejidad, VICA2.



**Recibido:** 24 de junio, 2024

**Aceptado:** 07 de agosto, 2024

**Publicado:** 6 de Marzo del 2025

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

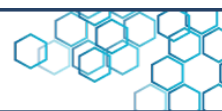
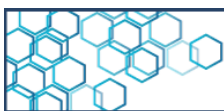
**DOI:** 10.5281/zenodo.13305782

**\*Autor para correspondencia:**

Héctor Rodríguez-Molina

**e-mail:** [hrodmo@gmail.com](mailto:hrodmo@gmail.com)

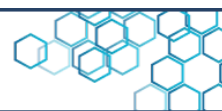
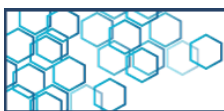




## 1. Introducción

El cierre del siglo XX, caracterizado por descubrimientos científicos y tecnológicos que han abierto una nueva era, marcando a la sociedad que transita en un mundo complejo y dinámico, influenciado por la globalización, grandes movimientos de bienes y personas; en donde irrumpen constantemente la digitalización y la interconectividad logrando cambios técnicos e imponiendo transitar con necesidades más exigentes. Además, el incremento acelerado de la población y su comportamiento compulsivo de consumo a nivel mundial, ha ocasionado una mayor preocupación a los entornos empresarial y gubernamental, que se traduce en un cambio en los paradigmas de gestión, con una visión integral en la ejecución de las tareas, ameritando tener una perspectiva amplia, con un vértice de acción técnico, económico, legal, social, ambiental y uno último asociado a la vinculación con el entorno. Ante todos estos cambios, el transitar bajo una situación del mercado laboral compleja, existe la necesidad de adaptarse a los cambios, desafíos, oportunidades y riesgos del siglo XXI, ante la era digital.

Estos cambios han suscitado esfuerzos en las organizaciones que consisten en replantear y reformular los conceptos básicos y estratégicos en los que basaron sus modelos de negocios fundacionales, debido a que el transitar bajo estos entornos, exige que continúen cumpliendo con los objetivos planteados en el pasado, mientras se adaptan sus enfoques a los desafíos y riesgos de un contexto VICA2, caracterizado por la Volatilidad-Vulnerabilidad, Incertidumbre-Inseguridad, Complejidad-Caos y Ambigüedad-Adversidad [1]. Estos intentos organizacionales, que responden a los cambios del contexto, han ocasionado el surgimiento de nuevos puestos de trabajo, así como, la desaparición de otros o la reformulación de las funciones de los cargos

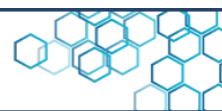
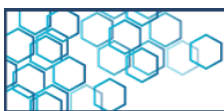


económicamente no viables. Por lo tanto, estamos bajo un contexto dinámico, complejo e inclusivo.

El contexto empresarial no está exento de estos cambios, ha venido migrando en las necesidades organizacionales, buscando adaptarse a lo cambiante de las exigencias. De hecho, el mercado laboral actual es muy distinto de lo que fue hace tres décadas, cuando el foco de reclutamiento estaba en las competencias técnicas o duras [2,3]. Bajo estas condiciones, la situación del mercado laboral es compleja, los empleadores centran la contratación en aquellos candidatos con diversos antecedentes y competencias, generando así una ventaja competitiva [4-7].

Es en este punto donde las competencias blandas tienen un rol de importancia. Comencemos definiéndolas, ellas abarcan al conjunto de habilidades no técnicas que están estrechamente relacionadas con los atributos y actitudes personales, como la confianza, disciplina, autogestión y las habilidades sociales, entre las que destacan la comunicación e inteligencia emocional [8]. Las empresas requieren completar sus plazas con profesionales capaces de balancear bien sus competencias técnicas con sus competencias blandas [9], ante la alta movilidad de personas y bienes, el auge tecnológico, la digitalización y la interconectividad técnica en evolución. Además de su capacidad para realizar una determinada actividad, es importante que posean competencias transversales, más concretamente las llamadas competencias blandas o “soft skills” [3].

La demanda de las competencias blandas nunca ha sido tan alta. A medida que la tecnología continúa avanzando, las empresas empiezan a notar la importancia de las competencias centradas en el ser humano, aquellas que las máquinas no pueden replicar fácilmente. Sin embargo, el panorama de las competencias blandas está cambiando y es crucial, tanto así, que la experiencia

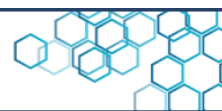
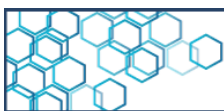


técnica por sí sola ya no es suficiente para sortear las incertidumbres. La demanda de estas competencias ha pasado a primer plano, ya que desempeñan un papel fundamental en la adaptación a estos tiempos

Recientemente, diversos organismos internacionales, entidades gubernamentales y la academia han abordado el tema de las competencias blandas. El objeto de este artículo se basa en abordar las competencias blandas requeridas para el transitar exitoso durante estos tiempos complejos, dinámicos e inclusivos, definidos como el VICA2 [1]. El abordaje se realizará mediante un estudio de tendencia para evaluar las nuevas perspectivas que surgen en cuanto a las competencias blandas, identificando cuáles de ellas resultan clave y las posibles oportunidades de desarrollo para su capacitación y formación.

## 2. Materiales y métodos

El presente artículo surge de un diseño retrospectivo *ex post facto* [10], mediante un estudio temático y bibliométrico desde una perspectiva amplia teórico-conceptual sobre las competencias blandas, para luego evaluar su vinculación con los nuevos tiempos de complejidad, enmarcada en una visión de construcción epistémica. El objetivo de esta metodología es ofrecer una visión general de la investigación científica realizada sobre las competencias transversales, centrándose específicamente en los últimos años. A través de la presente investigación no se pretende realizar una colección exhaustiva que incluye todos los trabajos existentes, sino una presentación de los trabajos más relevantes publicados en el campo de interés durante la última década.



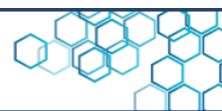
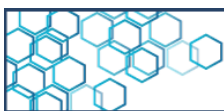
## 2.1 Criterios de selección

El estudio se basa en la revisión bibliográfica, considerando la exploración del término competencias blandas, en trabajos de investigación que han sido publicados desde el año 1950 al año 2024, con el fin de establecer tendencias amplias, incluyendo un panorama general de las competencias blandas; sin embargo, para el estudio del tema de interés, asociado a las competencias blandas y su vinculación con los tiempos complejos, se centrará en los trabajos publicados, en la última década, entre los años 2014 y 2024.

A lo largo de este trabajo, el término “datos” se refiere a los resultados obtenidos del estudio bibliométrico.

El primer paso hacia la integración del estudio fue establecer las condiciones necesarias para recolectar los datos que guiarían la búsqueda de artículos publicados. Un aspecto importante fue considerar únicamente trabajos de investigación enfocados en la conceptualización del término desde una perspectiva teórica y práctica. La búsqueda se realizó en las bases de metadatos de *Dimensions®* y *The Lens®*. Asimismo, se consideró la literatura gris perteneciente a organismos internacionales, instituciones gubernamentales y tesis doctorales. Cabe mencionar que la literatura gris se obtiene mayoritariamente de citas incluidas en las fuentes primarias de los artículos analizados.

La búsqueda se realizó utilizando el término competencias blandas, considerando una amplia perspectiva teórico-práctica. Se utilizaron operadores booleanos para aplicar estos criterios de búsqueda.

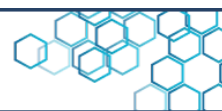
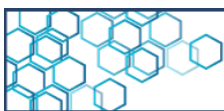


Una vez realizada la búsqueda, los datos obtenidos se ordenan por relevancia con el tema de estudio, con el fin de identificar claramente cuál es el aporte más conveniente de cada trabajo al tema de estudio.

El proceso de selección de la literatura se ejecutó determinando si los trabajos cumplen o no con los siguientes criterios de selección:

- El documento proporciona un estudio teórico o contiene un estudio empírico completo.
- No existe restricción en el año de publicación, ya que es de interés investigar cómo los términos seleccionados han evolucionado a lo largo de los años.
- Se consideran aceptables estudios realizados dentro de cualquier área del conocimiento.
- Se prefieren estudios publicados en inglés, francés y español.
- Se admite la literatura gris, dado que brinda la perspectiva de los organismos internacionales sobre las competencias blandas. También tesis doctorales pueden ser incluidos.
- Los trabajos deben considerar estrictamente los términos competencias blandas.
- Los documentos seleccionados corresponden a una revisión bibliométrica, sin incluir patentes.

La revisión de la tendencia amplia, se basó en realizar varias búsquedas de palabras clave que implicaban permutaciones de términos relevantes (es decir, competencias blandas y competencias transversales), existentes en las plataformas de metadatos. La ecuación booleana fue



“transversal competenc\*” OR “soft skills”. La búsqueda arrojó 12.193 resultados en Dimensions® y 21.797 resultados en The Lens®.

Luego, para realizar una selección más afinada de los artículos de investigación de interés para el tema del presente trabajo, se establecieron los siguientes criterios de selección avanzados:

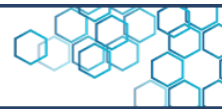
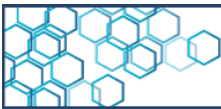
- Fecha de publicación desde el 2014 al 2024.
- Publicaciones en idioma inglés, francés y español.
- Artículos de investigación publicados en revistas, con clasificación banda verde de acceso abierto (Open Access) y delimitados a los campos de estudio de competencias blandas, psicología, sociología, ciencias políticas y ciencias de la computación. Después de aplicar estos limitadores, y una vez excluidos los artículos duplicados, el número de estudios se redujo a 265.

Así, de los 265 artículos seleccionados, se eligieron un total de 41 para el análisis. El resto de documentos no se ajustaron a nuestro criterio de análisis, vinculado al desarrollo de las competencias blandas bajo entornos complejos.

## 2.2 Categorización de datos

La información de las 41 publicaciones fue desglosada en una hoja de cálculo basada en las siguientes categorías:

- Tipo de publicación: se desglosan las publicaciones en todas sus modalidades para establecer tendencias de los documentos publicados.

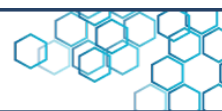
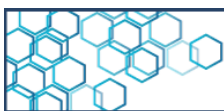


- Frecuencia de publicaciones: La ocurrencia de las publicaciones a nivel mundial se muestra desglosada por año, con el fin de visualizar tendencias durante el periodo de estudio.
- Instituciones y academias más activas en las publicaciones: los documentos se clasificaron dependiendo del país de procedencia del trabajo, con el fin de establecer una correlación de ocurrencia que permitiera su graficación.
- Autor(es) más activo(s): todo documento fue identificado con el nombre de los autores con el fin de realizar una gráfica que permita identificar los más destacados en el tema de interés.
- Campo de estudio con mayor incidencia: se relacionaron los campos de estudios en el que se enfocaba cada trabajo de investigación con el fin de identificar los de mayor incidencia.
- Ubicación geográfica de las publicaciones: la investigación empírica en nuestro conjunto de datos se desglosó por países de origen, para establecer relaciones de ocurrencia.
- Revistas científicas más activas en las publicaciones: las revistas aparecen desglosadas según su número de incidencia en la publicación de artículos científicos relacionadas con el tema de interés.

### 3. Discusión de Resultados

La capacitación de las competencias blandas necesarias para los estudiantes universitarios ante las demandas del mundo laboral tan cambiante, tienen una incidencia directa no solo sobre el desenvolvimiento y rendimiento académico [11], sino también, para preparar adecuadamente a los estudiantes universitarios a responder a la incertidumbre y hallar creativamente





soluciones ante cada desafío que la realidad les impone [12]. Por lo tanto, este trabajo aporta un panorama de los artículos científicos desarrollados durante la última década, relacionados con las competencias blandas o transversales y su relación con los nuevos tiempos complejos, dinámicos e inclusivos.

Los resultados fueron analizados en dos diferentes secciones. La primera comprende el estudio bibliométrico amplio de las 265 investigaciones desarrolladas en cuanto a las competencias blandas en la última década, y la segunda, se refiere al análisis del contenido de las 41 investigaciones seleccionadas con base en los criterios de análisis.

### 3.1 Análisis bibliométrico

El estudio se inició con una búsqueda en la plataforma Carrot2®, herramienta que separa los documentos que se encuentran en la Web en grupos o *clusters*, utilizando algoritmos de *clustering* que consultan varias fuentes de datos para luego procesar y mostrar la información obtenida [13]. De esta manera, la Figura 1 muestra una visualización rápida de los documentos existentes en la red, relacionados con las competencias blandas o transversales, en forma de esquema tipo árbol, que permite establecer y relacionar palabras claves que puedan servirnos para definir la ecuación de búsqueda. En este caso, el esquema tipo árbol nos permitió identificar las ocurrencias de los trabajos contentivos en las redes que se relacionan con el tema de las competencias blandas (119), mostrando que las de mayor incidencia son los vinculados con el campo de: competencias duras (19), ejemplos de competencias blandas (17), desarrollo de las competencias blandas (14) y entrenamiento de las competencias blandas (12).



**Figura 1.** Esquema de árbol de los grupos de información vinculados a las competencias blandas.

Fuente: Carrot2®

Luego, la información recopilada se visualiza en forma de gráfico circular, como se observa en la Figura 2, para desglosar la información obtenida, identificando los campos de los grupos de información. En el campo de las competencias duras, según la agrupación obtenida, la relaciona con competencias blandas, así como también, este campo se vincula con los entrenamientos de las competencias blandas mediante el uso de los “*Serious Games*”. El campo de los ejemplos de las competencias blandas, se relaciona con su utilidad en las organizaciones y la necesidad de capacitarlas. En cuanto al grupo de desarrollo y entrenamiento de las competencias blandas, se identifican documentos relacionados con la definición de las competencias blandas asociadas a las carreras y roles en las organizaciones, apareciendo nuevamente la alternativa de los “*Serious Games*”, como herramientas de formación.

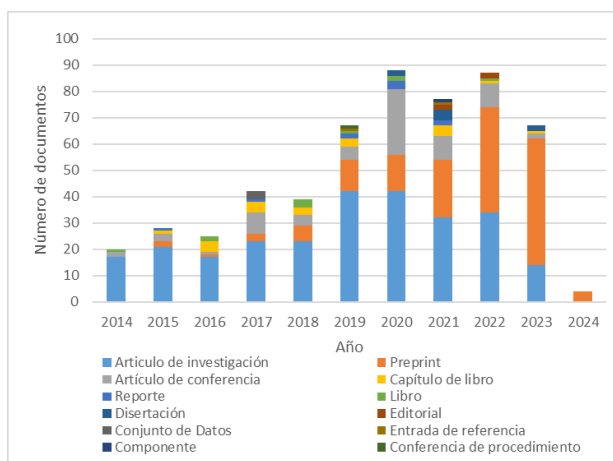


**Figura 2.** Gráfico circular de los grupos de información vinculados a las competencias blandas.

Fuente: Carrot2®

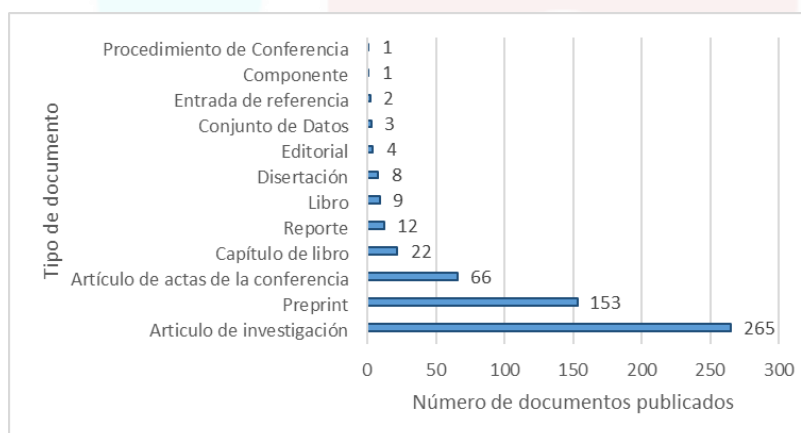
### 3.1.1 Tipos de documentos científicos publicados

En primera instancia, para conocer el impacto de las competencias blandas en la documentación publicada en las distintas revistas científicas, se revisó la distribución de las mismas en la última década. En la Figura 3, con un total de 546 documentos científicos, se puede observar una tendencia mundial de crecimiento en las publicaciones relacionadas con el tema de estudio, específicamente, en el número de artículos científicos y “preprint”, artículos que se exponen en bases de datos de acceso libre para la revisión y consulta pública antes de su remisión a los medios de difusión científica.



**Figura 3.** Distribución de los diferentes tipos de documentos científicos publicados para el periodo 2014-2024.

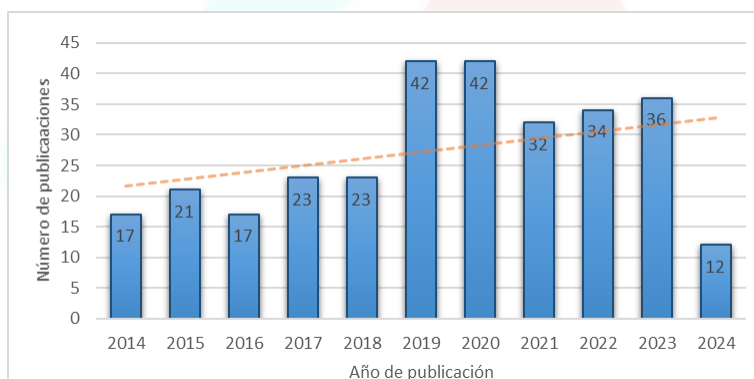
Continuando con el análisis de la tendencia, en la Figura 4, se puede observar que ambos documentos, artículos científicos y “preprint” tienen una ocurrencia en número de 265 y 153 documentos, traduciéndose en el 49 % y 28 % respectivamente del número total de documentos publicados. Analizando la data que resulta de esta figura, identificamos el interés de nuestra investigación en el análisis de los artículos de investigación (265), como documento de utilidad para el presente trabajo.



**Figura 4.** Distribución global de los diferentes documentos científicos publicados sobre el tema de estudio, para el periodo 2014-2024.

### 3.1.2 Frecuencia de los artículos científicos

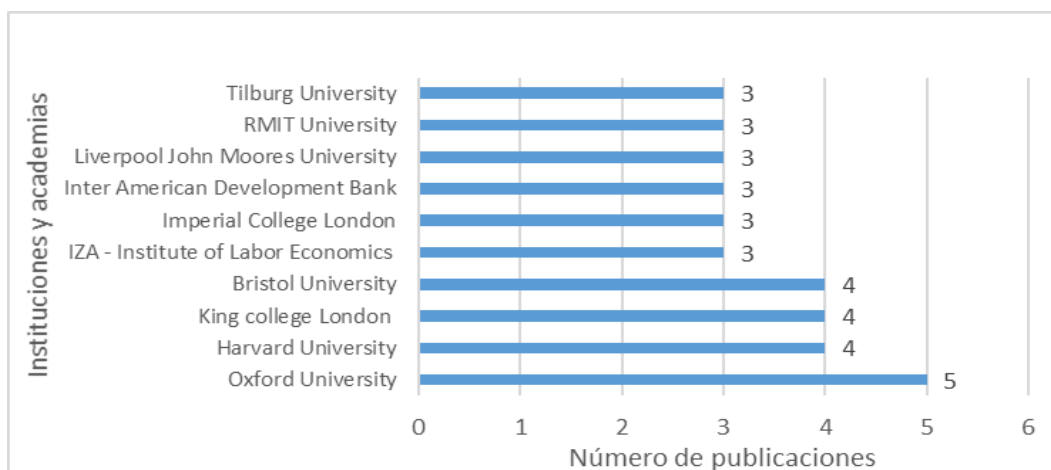
Tras la selección de los artículos científicos, se analizó la frecuencia de las publicaciones año tras año, durante el periodo 2014-2024, tal como se muestra en la Figura 5. Basado en la muestra ( $n=299$ ), se observa un crecimiento general sostenido, encontrando que la cantidad de publicaciones realizadas en el primer año anterior inmediato a este estudio (2023), se duplica en comparación con el primer año (2014). De esta manera se demuestra un importante incremento en los niveles de las actividades de investigación, así como también, en el interés de estudiar las competencias blandas.



**Figura 5.** Frecuencia de artículos científicos publicados, relacionados con el tema de estudio, para el periodo 2014-2024.

### 3.1.3 Instituciones y academias más activas en las publicaciones

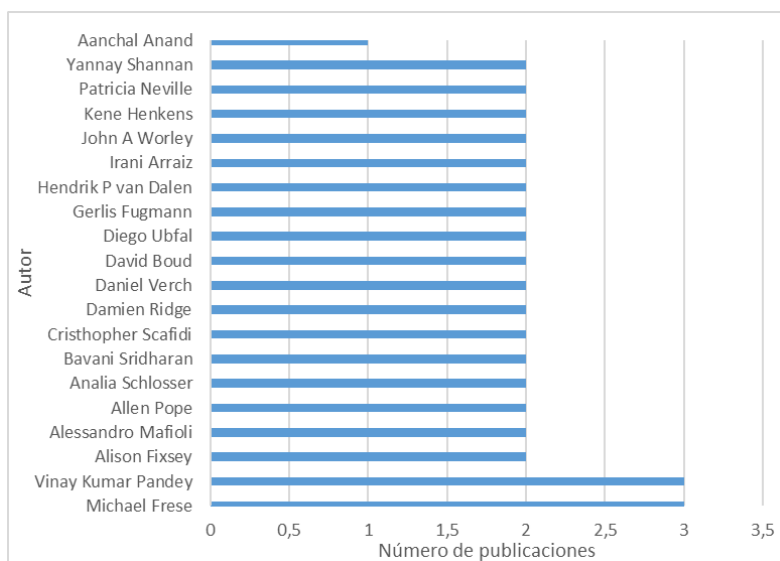
Analizando la participación de las instituciones y academias a cargo de las publicaciones, destaca la Universidad de Oxford (5), seguido de la Universidad de Harvard (4), King College London (4) y la Universidad de Bristol (4), tal como se observa en la Figura 6. Basado en la información levantada, existe una predominancia de las representaciones provenientes de Gran Bretaña.



**Figura 6.** Instituciones y academias más activas en la publicación de artículos científicos, periodo 2014-2024.

### 3.1.4 Autor(es) más activo(s)

La Figura 7, muestra el análisis de los trabajos seleccionados, en el que resalta la participación de los autores: Michael Frese (3), psicólogo, quien en los últimos 5 años ha presentado estudios enfocados en el entrenamiento de las competencias blandas para los emprendedores y Vinay Kumar Pandey (3), quien ha publicado artículos científicos en los últimos 4 años, sobre las competencias blandas asociadas a las corporaciones multinacionales, relaciones públicas y al mundo empresarial.

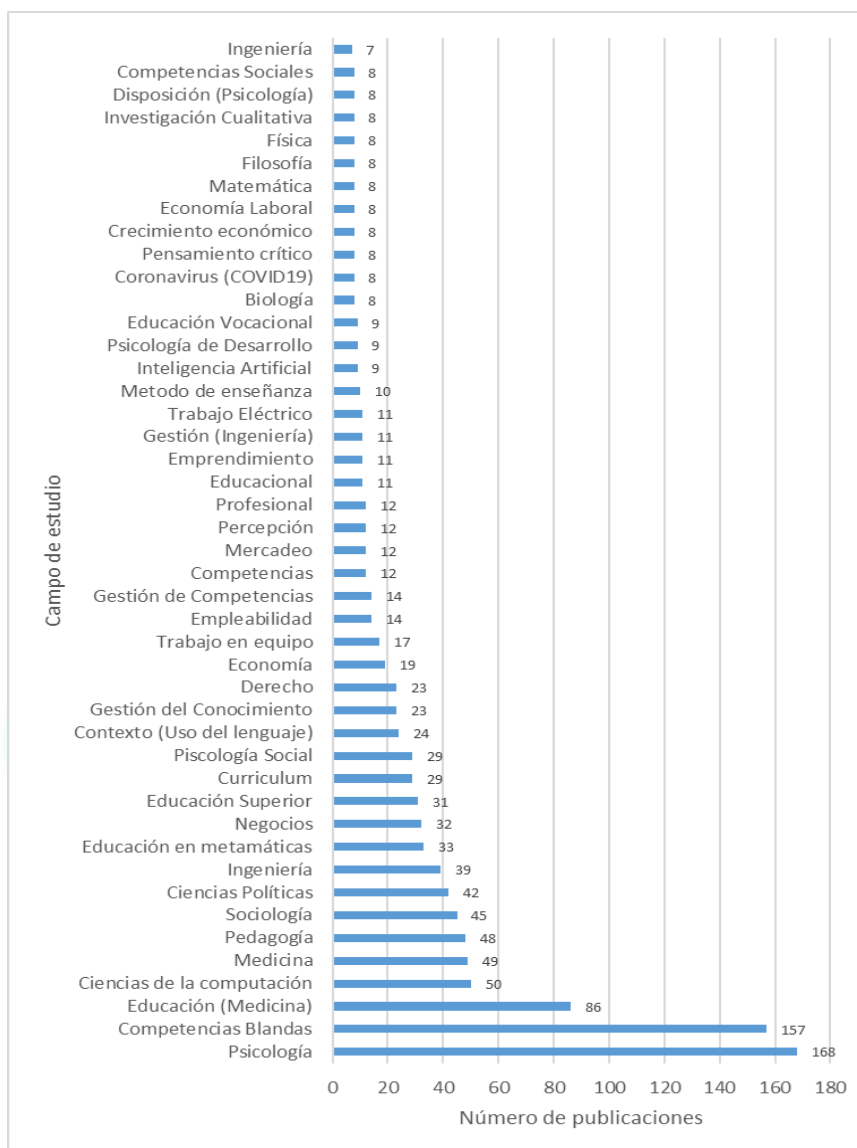


**Figura 7.** Autor(es) más activo(s) en la publicación de artículos científicos, periodo 2014-2024.

### 3.1.5 Campos de estudio con mayor incidencia

Estudiando la ocurrencia de los campos de estudio en los artículos científicos publicados del periodo de estudio, se muestra la Figura 8, en donde se puede observar el notorio énfasis de la cantidad de trabajos de investigación en los campos de estudio de la psicología (168), las competencias blandas (157) y la educación en la medicina (86).

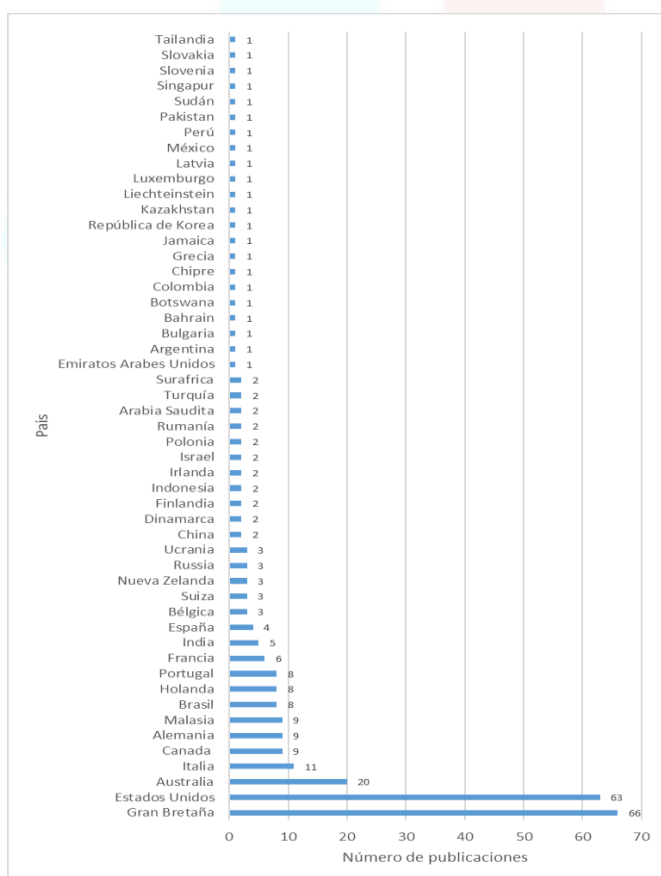




**Figura 8.** Ocurrencia de los campos de estudio en los artículos científicos publicados del periodo 2014-2024.

### 3.1.6 Ubicación geográfica de las publicaciones

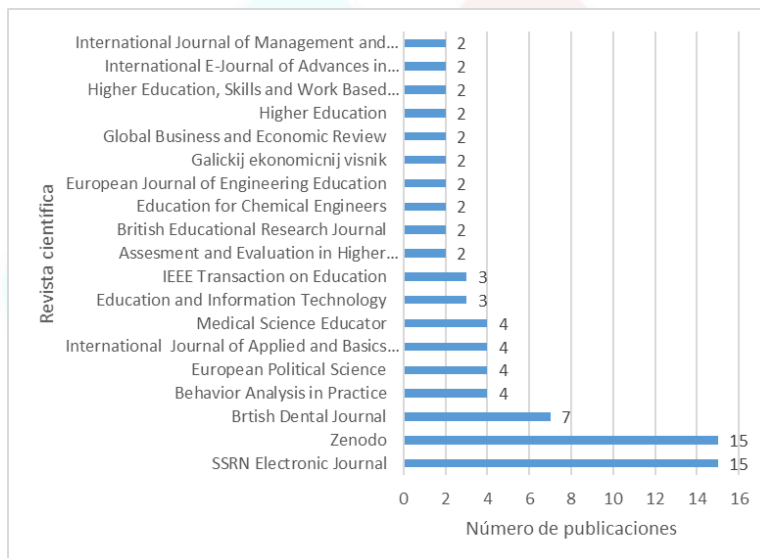
La distribución de los artículos de investigación seleccionados revela una marcada tendencia. La investigación empírica realizada del conjunto de datos resultó en la identificación de 51 países participantes a nivel mundial en el desarrollo de las investigaciones, en donde el 45 % de los trabajos resultaron provenientes de Gran Bretaña y Estados Unidos de América, con 23 y 22 % respectivamente, tal como se observa en la Figura 9. Los resultados obtenidos demuestran un interés relevante de Europa y América en realizar estudios para comprender y profundizar conocimientos sobre las competencias blandas.



**Figura 9.** Participación de los países a nivel mundial en los artículos científicos publicados del periodo 2014-2024.

### 3.1.7 Revistas científicas más activas en las publicaciones

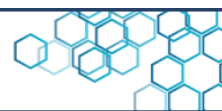
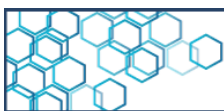
Luego de haber estudiado los datos obtenidos, se observa según la Figura 10, la destacada actividad de las SSRN Electronic Journal (15), el cual es un depósito de artículos de investigación, que como fin tiene la rápida difusión de investigaciones académicas en las áreas de ciencias sociales, humanidades, ciencias de la vida y ciencias de la salud, entre otras. Además, resalta Zenodo (15), repositorio europeo que comparte la filosofía de hacer más visible la ciencia al público en general.



**Figura 10.** Revistas científicas más activas en la publicación de los artículos científicos, periodo 2014-2024.

### 3.1.8 Análisis del contenido

En la búsqueda bibliográfica se observa que el término competencias blandas se registra bajo una gran variedad de nombres, asociados generalmente a los sinónimos que puede representar la palabra “soft skill” (competencia blanda, en idioma inglés), por ejemplo, las competencias transversales, genéricas,



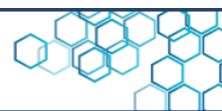
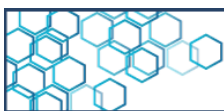
esenciales, básicas y de empleabilidad. Sin embargo, como definición, corresponden al grupo de habilidades no relacionadas con lo técnico, es decir, ligadas hacia los atributos personales y actitudes como la confianza, disciplina, autogestión, incluso aquellas competencias sociales como la comunicación y atributos vinculados a la inteligencia emocional [8].

En el contexto empresarial, las competencias blandas se consideran entonces un elemento estratégico en cualquier organización y merecen una gran atención, no solo en la fase de reclutamiento y selección de personal, sino también, durante la formación de la carrera profesional. La calidad de la industria, en términos de calidad del producto, de la organización, de los servicios y de la vida de los trabajadores, depende fuertemente de las competencias blandas que posee el personal de cualquier nivel. La calidad del capital humano que realiza cualquier tarea, y luego los resultados que puede alcanzar, depende principalmente de sus competencias blandas.

Hoy en día, transitamos bajo un mundo de complejidad, en donde las tecnologías digitales y de inteligencia artificial están transformando el mundo del trabajo, por ende, la fuerza laboral actual necesita adquirir nuevas competencias y formarse para comprender como adaptarse continuamente a medida que surgen nuevas ocupaciones. También, entendemos que la crisis pandémica causada por el virus COVID-19, ha acelerado esta transformación.

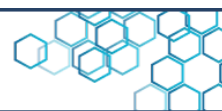
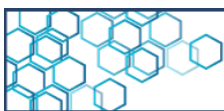
### **3.1.8.1 Entornos complejos (VICA2)**

Según Specht [1], el escenario característico de las pasadas décadas del siglo XXI, las organizaciones venían funcionando en un ambiente de incertidumbre y volatilidad, aspecto que se evidenciaba especialmente en los precios de las materias primas. Además, existía una alteración de las fronteras de las



tecnologías y ciencias de diferentes áreas. La transformación digital marcó cambios determinantes a gran escala y velocidad, en donde las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), tuvieron un rol importante debido a su rápida implementación e impacto, por ende, generaron cambios notables en la sociedad. Estas tecnologías fomentaron la hiperconectividad al trabajar en plataformas digitales de información que posibilitan la accesibilidad a nivel mundial. Esta combinación de eventos ha estado permeando todos los sectores de la economía del planeta e influyendo en el comportamiento de los seres humanos a manera individual y de la sociedad en general [14]. Junto a esto, se han hecho evidente también, los cambios políticos, sociales y climáticos, que enturbian el medio y lo hacen complejo y ambiguo. A este tipo de entorno se le ha denominado VICA [1,15,16].

El término VICA (VUCA, en idioma inglés) surge para describir las condiciones que describen la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad. La volatilidad se define como la naturaleza y dinámica del cambio, así como también, por la característica de los impulsores del cambio. La volatilidad se describe como la cualidad dinámica del contexto para la toma de decisiones [17]. La incertidumbre viene dada por el grado de acciones o condiciones impredecibles, que pudieran escaparse de la visión organizacional, por lo poco confiables que pudieran ser, es la probabilidad medida o percibida de que las proyecciones o predicciones se realicen [17]. La complejidad viene dada por los distintos vértices que definen una condición, dándole el carácter multifacético y generando confusión en la acción. Los factores causales o las fuerzas sociales que actúan a menudo en la circunstancia, generalmente compiten entre sí y los grupos decisorios, a menudo, deben sopesar las influencias de los factores causales y realizar conjeturas basadas en información, para conocer que fuerzas influirán en última instancia sobre el evento crítico [17]. Por último, la ambigüedad resulta en la condición que conduce a tener múltiples



interpretaciones del panorama. Lo ambiguo se vincula al significado desconocido de uno o más factores que influyen en una situación [17].

Sin embargo, el escenario pos pandémico agregó nuevos aspectos a considerar, por el cual transitaron los países a nivel mundial, especialmente en Latinoamérica, en donde manejaron entornos económicos complejos, con una contracción de la economía por la caída del Producto Interno Bruto (PIB), además, enfrentaron un sostenido crecimiento de la deuda mundial, limitando las posibilidades de promover su desarrollo económico y social. Esta situación evidenció aún más la vulnerabilidad del ciudadano, ante la realidad de un sistema de salud pública no preparado para enfrentar este tipo de situaciones. El cierre de las fronteras, generado por la situación de control pandémico, afectó la continuidad de la cadena de valor y de suministro de las organizaciones dedicadas al comercio, impactando aún más la volatilidad de los precios de los productos y servicios. Por otra parte, las limitaciones en las importaciones de insumos médicos y alimentos, con las restricciones del transporte por indisponibilidad o altos precios del combustible, establecieron en todos los sectores una atmósfera de incertidumbre e inseguridad. Todos estos elementos generaron una connotación adversa a la situación, generando condiciones de ambigüedad, sobre todo, en las políticas públicas [1].

Por lo que el término VICA no define las condiciones del entorno de estos países, pasando a un término VICA2, en donde se añaden factores como la vulnerabilidad, que se refiere a la condición de indefensión ante amenazas y carencias. La pandemia COVID-19 ha destacado la condición vulnerable del ser humano de cara a la situación del sistema de salud pública [15]. En cuanto al término de inseguridad añadido, se define como la percepción que tiene un individuo o grupo social de ausencia de seguridad con respecto a su integridad física o psicológica y de su relación y conexión con el mundo externo o con el interno [14]. En el caos, hay ausencia de lógica, organización o criterios que

permitan una praxis adecuada. En el caos, las prácticas tradicionalmente conocidas, tienden a ser inadecuadas [18]. La adversidad se refiere a sucesos o eventos desfavorables, que implican situaciones percibidas como de extrema dificultad que requieren determinación, paciencia y perseverancia para confrontarlos, abordarlos y superarlos [19].

Analizando estos términos e implementando el modelo CYNEFIN [19], la situación general se encuentra entre lo complejo y lo caótico [1], tal como se puede observar en la Figura 11. Por lo tanto, bajo este modelo, debido a la suma de factores y a los constantes cambios que se generan, en un transitar por la era marcada por la digitalización, nos manejamos bajo un entorno dual desordenado (caótico y complejo), en donde circulamos desde un estado en donde debemos actuar, bajo un dominio adaptativo y luego se debe experimentar para poder trabajar en un dominio de exploración, dado que las usuales respuestas de gestión ya no funcionan, las condiciones instan a ser más ágiles, manejando siempre visiones flexibles, experimentando y adaptándose constantemente, trabajando de manera inclusiva, colaborativa y en equipo, para mejorar continuamente, realizando prácticas emergentes y novedosas.

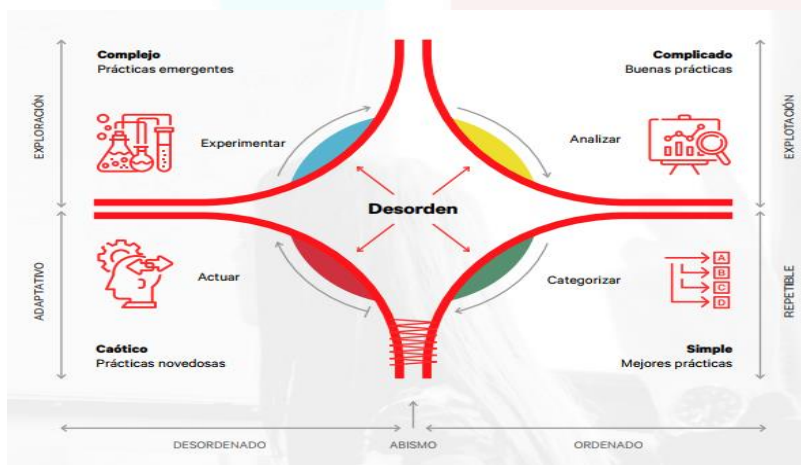
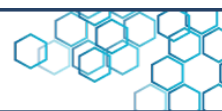
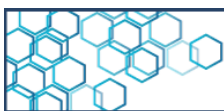


Figura 11. Modelo CYNEFIN [19]

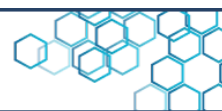
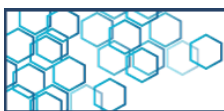




### **3.1.8.2 El impacto de los contextos complejos en los requerimientos de competencias blandas**

Para lograr el éxito de las personas ante tiempos complejos, dinámicos e inclusivos, las competencias blandas como la creatividad [20], habilidades para el manejo en entornos digitales [21] y la de enfrentar entornos complejos, parecen ser las más críticas [22]. Sin embargo, el Instituto Global McKinsey ha analizado el tipo de empleos que se perderán, así como los que se crearán a medida que la automatización, la inteligencia artificial y la robótica se afiancen. Además, ha inferido el tipo de competencias de alto nivel que, como resultado, serán cada vez más importantes [23,24]. El instituto identificó un conjunto de 56 competencias fundamentales, separadas en cuatro grupos: el primer grupo, llamado cognitivo, abarca las competencias de pensamiento crítico, comunicación, flexibilidad mental, planificación y formas de trabajo. El segundo grupo de autoliderazgo, que incluye autoconocimiento y autogestión, emprendimiento. El tercer grupo interpersonal consta de las competencias de desarrollo de relaciones, efectividad del trabajo en equipo y sistemas de movilización organizacional. Este grupo de competencias está asociado a un mayor beneficio a los ciudadanos y demostró que un mayor dominio de ellos va asociado con una mayor probabilidad de empleo, mayores ingresos y una mayor satisfacción laboral.

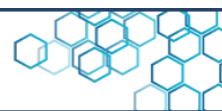
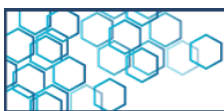
Una investigación que recopila las competencias blandas necesarias en América Latina desde el año 2010 hasta el año 2021 [25], anuncia que las competencias blandas ameritan un cambio en su desarrollo tras la pandemia del Covid-19, que permitan adaptarse a la nueva realidad, estableciendo que para el año 2020 las competencias son la adaptabilidad al cambio, autogestión, priorización y resiliencia. Otro estudio, explica cómo la crisis provocada por el Covid-19 hizo resaltar la desigualdad en las clases sociales, además, visualizó otros tipos de desigualdades demográficas en la sociedad [26]. Ante la



evaluación de este contexto, el autor analiza cómo las prácticas organizacionales enfocadas en la responsabilidad social, entre ellos, el proceso de selección y reclutamiento del personal centradas en competencias blandas como el ajuste cultural, competencias lingüísticas interpersonales, la etiqueta y la sofisticación, favorecen demográficamente a los individuos privilegiados en la empleabilidad, contribuyendo de esta manera con la desigualdad social.

Una investigación realizada también en contextos pos pandémicos, se realizó con el objeto de examinar en qué medida las competencias blandas aprendidas en las personas con títulos universitarios, coincidían con los criterios laborales que necesitaban los empleadores, encontrando que los estudiantes tenían la sensación de haber aprendido efectivamente las habilidades blandas de la carrera, resultando además en un buen retorno de la inversión. En el grupo de las competencias blandas aprendidas, la resolución de problemas, trabajo en equipo, inteligencia emocional y el manejo de la ética en las decisiones fueron las más importantes [27]. Con base en este contexto, se enfatiza la necesidad de lograr un cambio en la sociedad, formando a las futuras generaciones con las competencias necesarias para comprender y desempeñar sus roles durante tiempos complejos.

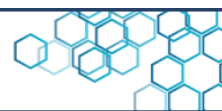
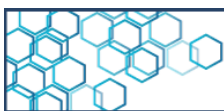
La irrupción de las tecnologías ha generado cambios en las organizaciones, haciendo que sus actividades se realicen en un entorno cada vez más digital. Bajo esta premisa, existe la necesidad de cambiar los perfiles en las organizaciones, sobre todo en las exigencias de las competencias blandas; por lo tanto, requieren empleados con competencias blandas desarrolladas como: autogestión, adaptabilidad, liderazgo, organización, visión del entorno, pensamiento analítico conceptual, resiliencia, manejo de sistemas de información, creatividad, seguridad de la información, balance vida-trabajo, agilidad y dinamismo [28].



Otra tendencia actual en gestión del talento humano es que se busca fomentar un liderazgo efectivo, que sea flexible, que se adapte a cada situación, y además, demuestre mayor empatía y sensibilización con las personas. Esta tendencia identifica que, para lograr ese liderazgo transformador, amerita que los líderes cuenten con las competencias blandas desarrolladas en autogestión, integración, sensibilidad y poder servir de referentes para los demás [29]. Por otra parte, una investigación que se enfocó en estudiar la relevancia de las competencias blandas en el contexto de la complejidad explica que “las habilidades blandas, desde la perspectiva de la complejidad, permiten visibilizar la diversidad de manifestaciones que los seres humanos expresan a través de sus interacciones subjetivas e intersubjetivas y las consecuencias de esas acciones mediante el ejercicio de las emociones y los valores” [30]. Estos son producto de las conductas humanas que denotan el carácter sensible de la humanidad, en donde la volubilidad de las emociones son las responsables de la adaptación a lo dinámico de los tiempos complejos.

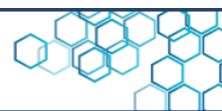
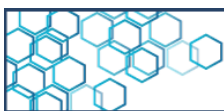
Las competencias blandas, en un contexto del siglo XXI, marcan la diferencia entre un profesional y otro, independientemente de su área disciplinar. Vera, acota que el diferenciador clave es que estas competencias no se relacionan con el trabajo que se hace, sino con cómo se trabaja; es decir, son específicas de un solo trabajo y dejan a la nueva fuerza laboral bien preparada para un panorama que cambia rápidamente, donde la adaptación a nuevos entornos es fundamental [31]. Bajo este contexto, el estudio identifica las 10 competencias blandas más adecuadas para el mercado laboral chileno: comunicación efectiva, resolución de problemas, pensamiento crítico, trabajo en equipo, adaptabilidad, creatividad, coordinación, gestión del tiempo, ética laboral y negociación.

Un trabajo que evaluó el mercado laboral en Malasia [32], acota que las competencias blandas con la que los profesionales deben contar son: la buena



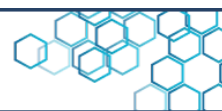
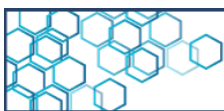
comunicación, capacidad de llevarse bien con las personas, trabajar en equipo, analizar y pensar críticamente para resolver problemas y poder liderar. Sin embargo, el sentimiento general de los empleadores es que los estudiantes que optan al trabajo, no cumplen con las expectativas del mercado y por lo tanto no son convocados, generando un aumento en los índices de desempleo. Los resultados de este estudio reportan datos que son de gran utilidad en la identificación de las competencias críticas que ostenta la fuerza laboral, sirviendo de oportunidades de desarrollo para su capacitación y entrenamiento en las universidades, con el fin de mejorar la efectividad de los índices de empleabilidad. De hecho, una investigación enmarcada en evaluar la adquisición de competencias blandas en las universidades [33], acota que, sin las competencias blandas, cada estudiante graduado enfrenta una serie de problemas durante su vida profesional. La formación de las competencias duras adquiridas en la universidad, les permite ejercer sus profesiones, diseñar un equipo, curar y tratar enfermedades, hasta desarrollar modelos económicos de crecimiento; sin embargo, no lograrán comunicar de manera efectiva, relacionarse en equipos e incluso gestionar conflictos. Otro estudio examina críticamente el impacto del exceso de confianza en la aritmética entre los estudiantes universitarios, que ostentan las mayores calificaciones y su efecto en la empleabilidad [34]. Los hallazgos de la investigación nos brindan una reflexión en la necesidad de adaptar los pénsums curriculares del sistema educativo, el desarrollo de los empleados en las organizaciones y las estrategias gubernamentales en materia de competencias blandas.

En momentos en donde el mercado laboral se encuentra debilitado y estancado, sufriendo cambios continuos y rápidos, caracterizado por el surgimiento de nuevas áreas profesionales y científicas, el rol de la educación superior tiene la premisa de tener el protagonismo, participativa y desafiante. Investigaciones planteadas con el objetivo de discutir la importancia de



alcanzar competencias blandas en la educación superior que permitan transitar en este tipo de entornos, concluye que el contexto de indeterminación respecto del futuro tiene variaciones, considerando la situación geográfica y política, el contexto social y el sector de actividad [32,34-36]. Además, las actitudes, expectativas y predisposiciones desde el punto de vista de las partes involucradas, también son elementos críticos para el éxito de este proceso de adquisición de competencias blandas. Este último aspecto ha generado varias investigaciones, debido a que muchas veces los estudios reportan una brecha entre las expectativas que tienen los estudiantes de adquirir una capacitación en las competencias blandas acorde con sus carreras de formación y las propuestas de formación existentes en materia de competencias blandas de las universidades, las cuales, a la hora de impartir la formación, dan por sentada la capacitación.

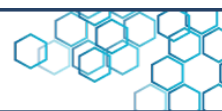
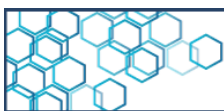
Bajo el escenario de complejidad, definitivamente, existe un cambio de paradigmas, en donde implica modificar drásticamente la cultura educativa en las instituciones de formación primaria, básica, secundaria y universitaria, para poder garantizar la implementación de la nueva manera de enseñar, formar y capacitar al profesional, bajo un contexto complejo, dinámico e inclusivo. Un cambio de las estructuras y actores institucionales para evolucionar de una enseñanza orientada a resultados, a una enseñanza orientada a competencias [37]. Tsankov [38] considera que este cambio “requiere: (i) redefinir los objetivos de la educación; (ii) prestar especial atención a las necesidades y motivos de aprendizaje de los estudiantes; (iii) introducir estrategias de enseñanza adaptativas; (iv) diseñar un entorno dinámico que apoye el aprendizaje: flexible, móvil, que garantice la interacción y la cooperación; (v) alcanzar un nuevo nivel de seguimiento y evaluación de los resultados del aprendizaje”.



En las propuestas que existen para el cambio del sistema educativo orientado a competencias, se encuentra un estudio que evaluó cómo las instituciones de educación superior responden a la necesidad de una formación cada vez más centrada en las competencias blandas y cómo desarrollan un currículo que cumpla con estos requisitos [39], propone la adopción de paradigma constructivista en la educación superior como una forma central de fomentar el desarrollo de competencias blandas, concretamente a través de la aplicación intencional y sistemática de métodos que faciliten el aprendizaje cognitivo de los estudiantes y su aplicación en contextos específicos. Este nuevo enfoque del proceso de enseñanza-aprendizaje requiere: (i) que vea al estudiante como un sujeto y no como un objeto de educación; (ii) la adopción de metodologías que permitan a los estudiantes aprender y aplicar de forma activa e independiente; (iii) la promoción de la autonomía de los estudiantes, confrontándolos con problemas y situaciones reales; (iv) un conocimiento integrador y multidisciplinario; y, finalmente, (v) un docente que tenga la capacidad de organizar, inspirar y motivar a sus alumnos en este nuevo enfoque educativo [38].

Para que esta nueva perspectiva tenga éxito, es necesario repensar y reorganizar el currículo, el entorno educativo, las expectativas de los actores institucionales, la transformación de la formación docente actual y el perfil actual del docente, que se convertirá en experto, consultor, mediador, moderador y facilitador en este proceso de desarrollo de competencias transversales en los estudiantes [38]. De esta manera, se espera que el profesional pueda “llevar el mundo real al aula, diseñar situaciones de aprendizaje centradas en la resolución de problemas, aprender colaborativamente, utilizar nuevas tecnologías y centrar el proceso didáctico en el alumno y en el proceso de aprendizaje” [40].

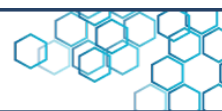
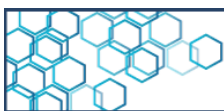




La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), han lanzado recientemente recomendaciones para ayudar a los estudiantes de hoy a adaptarse a los cambios, desafíos, oportunidades y riesgos del siglo XXI en la era digital [41,42]. Partiendo de este punto, surge la idea de adaptar el sistema educativo mundial. El mercado laboral actual es muy distinto de lo que fue hace tres décadas, cuando el foco estaba en las competencias técnicas o duras [2,3]. Hoy, las empresas requieren completar sus plazas con profesionales capaces de balancear bien sus competencias técnicas con sus competencias socioemocionales, las así llamadas competencias blandas [9].

Actualmente, Venezuela no escapa a esta realidad mundial, la preocupación del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología en Venezuela (Mincyt), entiende el compromiso y asume la responsabilidad de cambiar la manera de educar de forma distinta a las nuevas generaciones, de tal modo “que nos permitan trascender a una cultura científica propia, desde la creatividad, la invención y la innovación venezolana” [42]. Sin embargo, las inversiones en la educación de recursos humanos requieren investigación y capacitación específicas en las competencias blandas para las nuevas tecnologías, los conceptos y prácticas. Esto implica, sin duda, la combinación armoniosa de competencias duras y blandas que los estudiantes que inician sus carreras necesitan adquirir para transitar de manera exitosa bajo un entorno VICA2. Las autoridades competentes en el área de educación, han realizado esfuerzos para elaborar el nuevo diseño curricular del Sistema Educativo Bolivariano [43], regido por el desarrollo de competencias duras y blandas; sin embargo, no existe, ni está definida, la ruta ni el método de desarrollo de las competencias blandas en los estudiantes, por ende, urge dar respuesta a la necesidad de



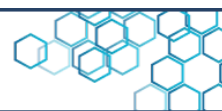
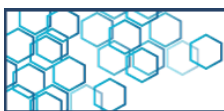


profundizar los conocimientos e identificar una alternativa con factibilidad técnica y económica para el desarrollo de estas competencias.

Las competencias técnicas o duras son más fáciles de aprender, pero ya no son suficientes para que los estudiantes que inician sus estudios universitarios resistan en este entorno laboral global altamente competitivo y complejo. Las competencias blandas, como el trabajo en equipo y la comunicación, se vuelven de suma importancia [44], ya que la nueva generación de estudiantes debe estar equipada con habilidades y experiencias relevantes para la participación en la fuerza laboral en las próximas décadas, pero desafortunadamente, en la actualidad, dichas competencias, no se han examinado lo suficiente en la investigación y no se ofrecen en forma suficiente a través de la educación [45].

Bajo esta premisa, describiendo el contexto en donde los descubrimientos científicos y tecnológicos abrieron la puerta a una sociedad caracterizada por la globalización, la alta movilidad de personas y bienes, el auge tecnológico, la digitalización y la interconectividad técnica en evolución, surgen las tecnologías de información y comunicación (TIC), específicamente las Tecnologías de Construcción Cognitiva (TCC) [46], que incluye a los “juegos serios” como una alternativa para desarrollar competencias blandas, pudiéndose aplicar con una serie de estrategias pedagógicas, principalmente para favorecer diferentes objetivos educativos y para cumplir con requisitos técnicos específicos.

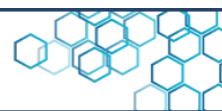
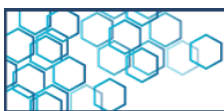
Los descubrimientos que en el campo de las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han suscitado y continúan produciendo a nivel mundial, han posicionado la idea de que estas han llegado para transformar todos los niveles de la vida humana a un ritmo sin precedente. De estos avances en los “juegos serios” basados en conceptos pedagógicos, se puede plantear, el



aprendizaje basado en simuladores que utilicen tecnología novedosa, lo que permitirá al estudiante experimentar problemas a tiempo real que propicie en él o en grupos de estudiantes, el análisis, la reflexión que conduzca hacia la metacognición [47].

## **4 Conclusiones**

En el presente trabajo se puede notar una tendencia mundial de crecimiento en las publicaciones relacionadas con el tema de estudio, con un incremento sostenido en el número de artículos científicos y “preprint” (49 y 28 % respectivamente del número total de documentos seleccionados). Además, se reporta que la cantidad de publicaciones realizadas en el primer año anterior inmediato a este estudio (2023), se duplicó en comparación con el primer año (2014). Se identificaron 51 países participantes a nivel mundial en el desarrollo de las investigaciones, en donde el 45 % de los trabajos resultaron provenientes de Gran Bretaña y Estados Unidos de América (con 23 y 22 % respectivamente). También, destaca como representante de sus instituciones académicas, la Universidad de Oxford seguido de la Universidad de Harvard (4 documentos), King College London (4 documentos) y la Universidad de Bristol (4 documentos). Destacando los autores Michael Frese, quien en los últimos 5 años ha presentado estudios enfocados en el entrenamiento de las competencias blandas para los emprendedores y Vinay Kumar Pandey, quien, en los últimos 4 años, ha realizado investigaciones sobre las competencias blandas asociadas a las corporaciones multinacionales, relaciones públicas y al mundo empresarial. También, existe un notorio énfasis de la cantidad de trabajos de investigación en los campos de estudio de la psicología (168), las competencias blandas (157) y la educación en la medicina (86).



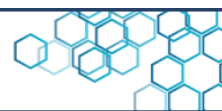
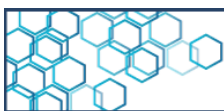
En el contexto empresarial, los resultados de esta investigación evidencian que las competencias blandas se consideran entonces un elemento estratégico en cualquier organización y merecen una gran atención, no únicamente en la fase de reclutamiento y selección de personal, sino también, durante la formación de la carrera profesional. Dado que la calidad del capital humano que realiza cualquier tarea, y luego los resultados que puede alcanzar, depende principalmente de estas competencias.

Hoy en día, transitamos bajo un mundo de complejidad, en donde las tecnologías digitales y de inteligencia artificial están transformando el mundo del trabajo, que se ha visto acelerado por la crisis pandémica causada por el virus COVID-19.

En el escenario de las pasadas décadas del siglo XXI, las organizaciones venían funcionando en un entorno definido como VICA, por las condiciones que describen la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad. Sin embargo, el escenario pos pandémico agregó nuevos aspectos a considerar, pasando a un término VICA2, en donde se añaden factores, haciéndolo Volátil-Vulnerable, Incierto-Inseguro, Complejo-Caótico y Ambiguo-Adverso.

Analizando e implementando el modelo CYNEFIN para identificar las estrategias de implementación de acciones, nos manejamos bajo un entorno dual (caótico y complejo), transitando desde un estado en donde debemos actuar bajo un dominio adaptativo y experimentar para poder trabajar en un dominio de exploración.

Los resultados de la investigación, arrojaron que las competencias más resaltantes para el transitar en el entorno de estudio son: adaptabilidad al cambio, trabajo en equipo, creatividad, pensamiento crítico, comunicación, autogestión, ética en las decisiones, flexibilidad mental, sensibilidad y manejo



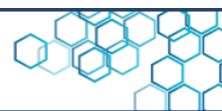
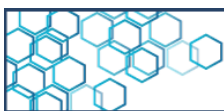
de entornos digitales. Las competencias no se relacionan con el trabajo que se hace, sino con el cómo se trabaja.

Los hallazgos de la investigación nos brindan una reflexión en la necesidad de adaptar el pénsum curricular del sistema educativo, el desarrollo de los empleados en las organizaciones y las estrategias gubernamentales en materia de estas competencias.

En momentos en donde el mercado laboral se encuentra debilitado y estancado, sufriendo cambios continuos y rápidos, caracterizado por el surgimiento de nuevas áreas profesionales y científicas, el rol de la educación superior tiene la premisa de tener el protagonismo, participativa y desafiante. La importancia de alcanzar competencias blandas en la educación superior que permitan transitar en este tipo de entornos, tiene variaciones, dependiendo de la situación geográfica y política, el contexto social y el sector laboral de la actividad.

Bajo este escenario de complejidad y dinamismo, definitivamente, existe un cambio de paradigmas, en donde implica modificar drásticamente la cultura educativa en las instituciones de formación primaria, básica, secundaria y universitaria, para poder garantizar la implementación de la nueva manera de enseñar, formar y capacitar al profesional. Una de las propuestas [37] es la adopción del paradigma constructivista en la educación superior como una forma central de fomentar el desarrollo de competencias blandas, concretamente a través de la aplicación intencional y sistemática de métodos que faciliten el aprendizaje cognitivo de los estudiantes y su aplicación en contextos específicos.

La UNESCO y la OCDE han lanzado recientemente recomendaciones para ayudar a los estudiantes de hoy a adaptarse a los cambios, desafíos, oportunidades y riesgos del siglo XXI en la era digital. Actualmente, Venezuela

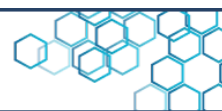
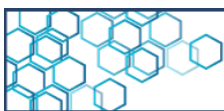


no escapa a esta realidad mundial, el Mincyt entiende el compromiso y asume la responsabilidad de cambiar la manera de educar de modo distinto a las nuevas generaciones. Uno de los aspectos a resaltar, es que las inversiones en la educación de recursos humanos requieren investigación y capacitación específicas en las competencias blandas para las nuevas tecnologías, los conceptos y prácticas. Esto implica, sin duda, la formación armoniosa de competencias duras y blandas para los estudiantes que inician sus carreras puedan transitar de manera exitosa bajo un entorno VICA2. Sin embargo, no existe, ni está definida la ruta ni el método de formación de las competencias blandas en los estudiantes.

Evidentemente, las organizaciones, instituciones públicas y privadas están interesados en ayudar a sus ciudadanos a desarrollarse en estas áreas; sin embargo, en la literatura no existe información bien definida sobre la metodología, el diseño planes de estudio y las mejores estrategias de aprendizaje.

Las competencias técnicas o duras son más fáciles de aprender, pero ya no son suficientes para que los estudiantes que inician sus estudios universitarios resistan en este entorno laboral global altamente competitivo y complejo. No obstante, las Tecnologías de Construcción Cognitiva (TCC) [46], específicamente los “juegos serios” surgen como una alternativa para desarrollar competencias blandas, pudiéndose aplicar con una serie de estrategias pedagógicas, principalmente desarrolladas para favorecer diferentes objetivos educativos y para cumplir con requisitos técnicos específicos.

El presente abre una ventana al desarrollo de investigaciones sobre los “juegos serios”, para el desarrollo cognitivo, en especial de competencias blandas como objeto o fenómeno de estudio, para dar respuesta al problema de identificación del método de desarrollo de las competencias blandas en los estudiantes universitarios, bajo un contexto mundial complejo.



## Needs in Soft Skills to Face Complex Times: a Bibliometric Study

Héctor Rodríguez-Molina <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

### Abstract

The closing of the 20th century, characterized by scientific and technological discoveries that have opened a new era, marking a society that navigates a complex and dynamic world, influenced by globalization, and large movements of goods and people; where digitalization and interconnectivity constantly breaks out, achieving technical changes and imposing a path with more demanding needs. These changes have led to efforts in organizations that consist of rethinking and reformulating the basic and strategic concepts on which they based their fundamental business models because moving under these environments requires that they continue to meet the objectives set in the past while adapting their approaches to the challenges and risks of a VICA2 context, characterized by Volatility-Vulnerability, Uncertainty-Insecurity, Complexity-Chaos, and Ambiguity-Adversity. The business context is not exempt from these changes, it has been migrating in organizational needs, seeking to adapt to changing demands. At this point, soft skills play an important role, causing their demand to be at a very high level, never before observed. This article addresses the soft skills required to successfully navigate these complex, dynamic, and inclusive times, defined as VICA2. The approach will be carried out through a bibliometric study to evaluate the new perspectives that arise regarding soft skills, identifying which of them are key and the possible development opportunities for their training and education.

**Keywords:** Complexity, soft skills, VICA2.



**Received:** June 24, 2024

**Accepted:** August 7, 2024

**Published:** March 6, 2025

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

**DOI:** 10.5281/zenodo.13305782

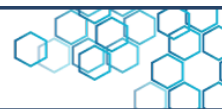
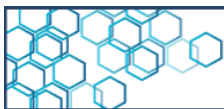
**\*Corresponding author:**

Héctor Rodríguez-Molina

**e-mail:**

hrodfmo@gmail.com



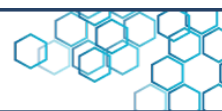
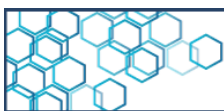


## 1. Introduction

The end of the 20th century, was characterized by scientific and technological discoveries that opened a new era, marking a society that moves in a complex and dynamic world, influenced by globalization, and large movements of goods and people; where digitalization and interconnectivity constantly burst in, achieving technical changes and imposing a transition with more demanding needs. In addition, the accelerated increase in the population and its compulsive consumer behavior, worldwide has caused greater concern at the business and government level, which translates into a change in management paradigms, with a comprehensive vision in the execution of the tasks they perform, meriting having a broad perspective, with a vertex of technical, economic, legal, social, environmental action and a final one associated with the connection with the environment. Faced with all these changes, moving under a complex labor market situation, there is a need to adapt to the changes, challenges, opportunities, and risks of the 21st century, in the face of the digital era.

These changes have prompted efforts in organizations to rethink and reformulate the basic and strategic concepts on which they based their founding business models because moving through these environments requires them to continue meeting the objectives set in the past while adapting their approaches to the challenges and risks of a VICA2 context, characterized by Volatility-Vulnerability, Uncertainty-Insecurity, Complexity-Chaos, and Ambiguity-Adversity [1]. These organizational attempts, which respond to changes in the context, have caused the emergence of new jobs, the disappearance of others, or the reformulation





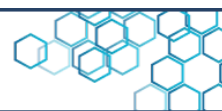
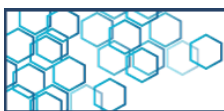
of the functions of economically unviable positions. Therefore, we are in a dynamic, complex, and inclusive context.

The business context is not exempt from these changes; it has been migrating in organizational needs, seeking to adapt to changing demands. The current labor market is very different from what it was three decades ago when the focus of recruitment was on technical or hard skills [2,3]. Under these conditions, the situation of the labor market is complex. Employers focus their recruitment on candidates with diverse backgrounds and skills, thus generating a competitive advantage [4-7].

This is where soft skills play an important role. Let's start by defining them. They encompass non-technical skills closely related to personal attributes and attitudes, such as confidence, discipline, self-management, and social skills, among which communication and emotional intelligence stand out [8]. Companies need to fill their positions with professionals capable of balancing their technical skills with their soft skills [9], given the high mobility of people and goods, the technological boom, digitalization, and evolving technical interconnectivity. In addition to their ability to perform a certain activity, they must have transversal skills, more specifically the so-called soft skills [3].

The demand for soft skills has never been higher. As technology continues to advance, businesses are realizing the importance of human-centric skills – those that machines cannot easily replicate. However, the soft skills landscape is changing and crucial, so much so that technical expertise alone is no longer enough to navigate uncertainties. The demand for these skills has come to the fore as they play a critical role in adapting to these times.

Recently, various international organizations, government entities, and academia have addressed the issue of soft skills. This article addresses the



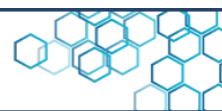
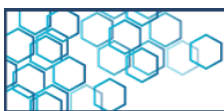
soft skills required to successfully navigate these complex, dynamic, and inclusive times, defined as VICA2 [1]. The approach will be carried out through a trend study to evaluate the new perspectives regarding soft skills, identifying which are key and the possible development opportunities for their training and formation.

## 2. Materials and methods

This article arises from an ex post facto retrospective design [10], through a thematic and bibliometric study from a broad theoretical-conceptual perspective on soft skills, to then evaluate their connection with the new times of complexity, framed in a vision of epistemic construction. The objective of this methodology is to offer an overview of the scientific research carried out on transversal skills, focusing specifically on recent years. Through this research, it is not intended to make an exhaustive collection that includes all existing works, but a presentation of the most relevant works published in the field of interest during the last decade.

### 2.1 Selection criteria

The study is based on a literature review, considering the exploration of the term soft skills, in research papers that have been published from 1950 to 2024, in order to establish broad trends, including an overview of soft skills; however, for the study of the topic of interest, associated with soft skills and their link to complex times, it will focus on works published in the last decade, between 2014 and 2024.



Throughout this work, the term “data” refers to the results obtained from the bibliometric study.

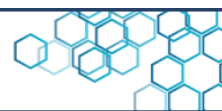
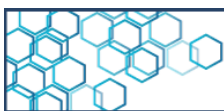
The first step towards integrating the study was to establish the necessary conditions for collecting the data that would guide the search for published articles. An important aspect was to consider only research papers focused on the conceptualization of the term from a theoretical and practical perspective. The search was conducted in the Dimensions® and The Lens® metadatabases. Likewise, grey literature belonging to international organizations, government institutions, and doctoral theses was considered. It is worth mentioning that grey literature is mostly obtained from citations included in the primary sources of the articles analyzed.

The search was conducted using the term soft skills, considering a broad theoretical-practical perspective. Boolean operators were used to apply these search criteria.

Once the search was conducted, the data obtained was sorted by relevance to the topic of study, in order to clearly identify the most convenient contribution of each work to the topic of study.

The literature selection process was carried out by determining whether or not the works met the following selection criteria:

- The document provides a theoretical study or contains a complete empirical study.
- There is no restriction on the year of publication since it is of interest to investigate how the selected terms have evolved over the years.
- Studies carried out within any area of knowledge are considered acceptable.



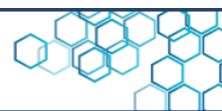
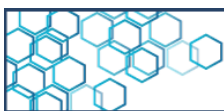
- Studies published in English, French, and Spanish are preferred.
- Grey literature is accepted since it provides the perspective of international organizations on soft skills. Doctoral theses can also be included.
- The papers must strictly consider the terms soft skills.
- The selected documents correspond to a bibliometric review, without including patents.

The broad trend review was based on performing several keyword searches involving permutations of relevant terms (i.e. soft skills and transversal skills) existing in the metadata platforms. The boolean equation was “transversal competenc\*” OR “soft skills”. The search yielded 12,193 results in Dimensions® and 21,797 results in The Lens®.

Then, to perform a more refined selection of the research articles of interest for the topic of the present work, the following advanced selection criteria were established:

- Publication date from 2014 to 2024.
- Publications in English, French, and Spanish.
- Research articles published in journals, with a green band classification of open access and limited to the fields of study of soft skills, psychology, sociology, political science, and computer science. After applying these limiters, and once duplicate articles were excluded, the number of studies was reduced to 265.

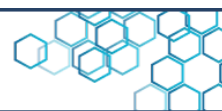
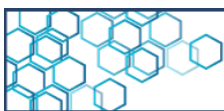
Thus, of the 265 articles selected, a total of 41 were chosen for the analysis. The rest of the documents did not meet our analysis criteria, linked to the development of soft skills under complex environments.



## 2.2 Data categorization

The information from the 41 publications was broken down into a spreadsheet based on the following categories:

- Type of publication: Publications are broken down into all their forms to establish trends in published documents.
- Frequency of publications: The occurrence of publications worldwide is shown broken down by year to visualize trends during the study period.
- Institutions and academies most active in publications: Documents were classified depending on the country of origin of the work in order to establish a correlation of occurrence that would allow their graphing.
- Most active author(s): All documents were identified with the name of the authors in order to make a graph that allows identifying the most prominent in the topic of interest.
- Field of study with the highest incidence: The fields of study on which each research work focused were listed to identify those with the highest incidence.
- Geographic location of the publications: The empirical research in our data set was broken down by country of origin to establish relationships of occurrence.
- Scientific journals most active in publications: The journals are broken down according to their incidence in the publication of scientific articles related to the topic of interest.



### 3. Results discussion

The training of soft skills necessary for university students in the face of the demands of the ever-changing world of work has a direct impact not only on academic performance and development [11] but also on adequately preparing university students to respond to uncertainty and creatively find solutions to each challenge that reality imposes on them [12]. Therefore, this work provides an overview of the scientific articles developed during the last decade, related to soft or transversal skills and their relationship with the new complex, dynamic, and inclusive times.

The results were analyzed in two different sections. The first includes the broad bibliometric study of the 265 investigations developed regarding soft skills in the last decade, and the second refers to the content analysis of the 41 investigations selected based on the analysis criteria.

#### 3.1 Bibliometric analysis

The study began with a search on the Carrot2® platform, a tool that separates documents found on the Web into groups or clusters, using clustering algorithms that consult several data sources and then process and display the information obtained [13]. Thus, Figure 1 shows a quick visualization of the documents existing on the Internet, related to soft or transversal skills, in the form of a tree-type diagram, which allows for establishing and relating keywords that can be used to define the search equation. In this case, the tree-type diagram allowed us to identify the occurrences of content works on the networks that are related to the topic

of soft skills (119), showing that those with the highest incidence are those linked to the field of hard skills (19), examples of soft skills (17), development of soft skills (14), and training of soft skills (12).



**Figure 1.** Tree diagram of information groups linked to soft skills.

Source: Carrot2®

The information collected is then visualized in the form of a pie chart, as shown in Figure 2, to break down the information obtained, identifying the fields of the information groups. The field of hard skills, according to the grouping obtained, is related to soft skills, and this field is also linked to soft skills training through the use of “serious games”. The field of soft skills examples is related to their usefulness in organizations and the need to train them. Regarding the group of development and training of soft skills, documents related to the definition of soft skills associated with careers and roles in organizations are identified, with the alternative of “serious games” appearing again as training tools.



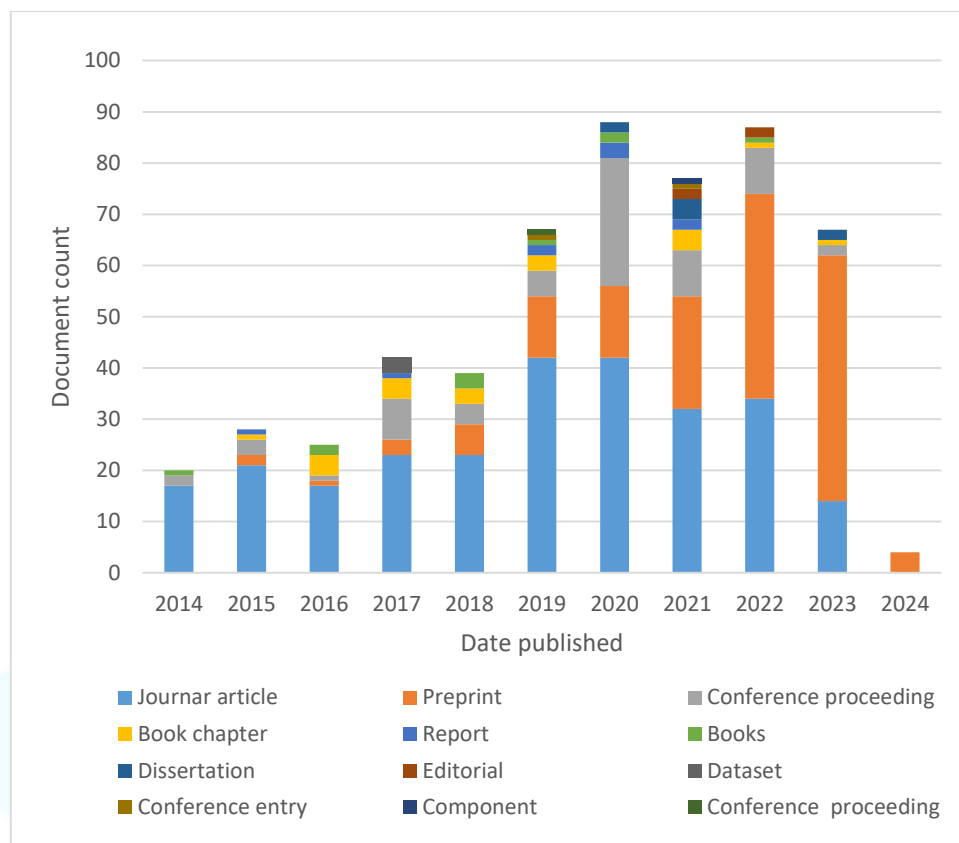


**Figure 2.** Pie chart of information groups linked to soft skills.

Source: Carrot2®

### 3.1.1 Types of published scientific documents

Firstly, to understand the impact of soft skills on the documentation published in the different scientific journals, the distribution of these in the last decade was reviewed. In Figure 3, with a total of 546 scientific documents, a global trend of growth in publications related to the subject of study can be observed, specifically, in the number of scientific articles and "preprints", articles that are displayed in open access databases for public review and consultation before their submission to the scientific media.



**Figure 3.** Scholarly works over time 2014-2024.

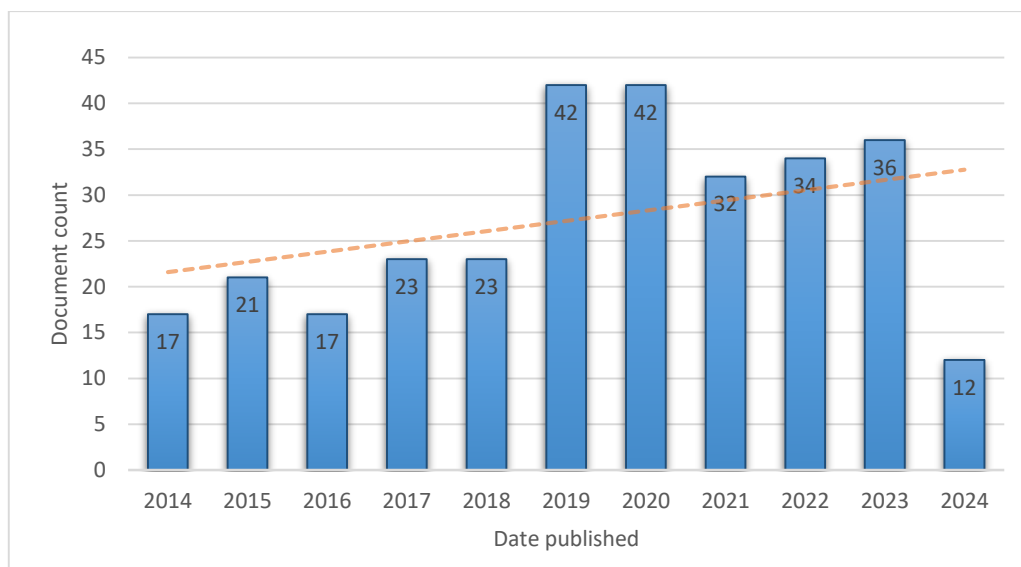
Continuing with the trend analysis, in Figure 4, it can be observed that both documents, scientific journal articles and preprints, have a number of occurrence of 265 and 153 documents, translating into 49% and 28% respectively of the total number of published documents. Analyzing the data resulting from this figure, we identify the interest of our research in the analysis of research articles (265), as a useful document for the present work.



**Figura 4.** Publications type over time 2014-2024.

### 3.1.2 Frequency of journal articles

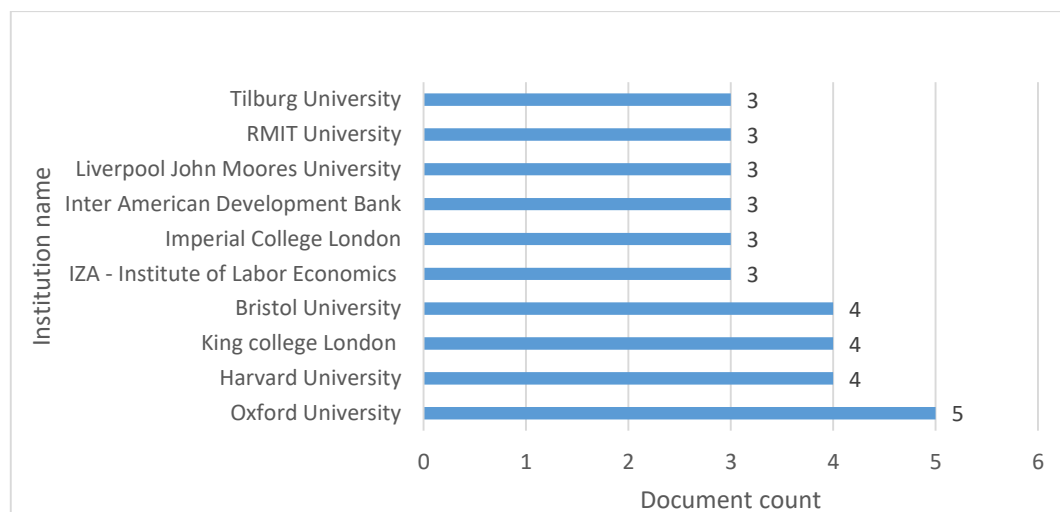
After the selection of journal articles, the frequency of publications was analyzed year after year, during the period 2014-2024, as shown in Figure 5. Based on the sample (n=299), a sustained general growth is observed, finding that the number of publications made in the first year immediately prior to this study (2023), doubles compared to the first year (2014). This demonstrates a significant increase in the levels of research activities, as well as in the interest in studying soft skills.



**Figure 5.** Frequency of journal articles over time 2014-2024.

### 3.1.3 Most active institutions in publications

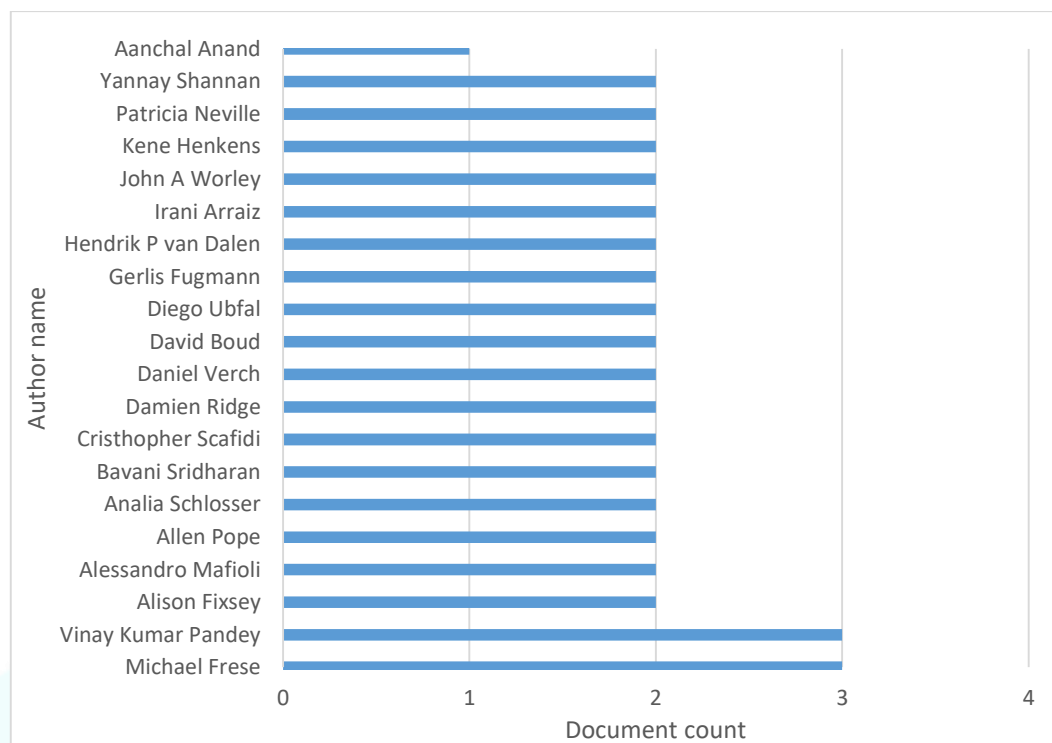
Analyzing the participation of the institutions and academies in charge of the publications, the University of Oxford (5) stands out, followed by Harvard University (4), King College London (4) and the University of Bristol (4), as shown in Figure 6. Based on the information collected, there is a predominance of representations from Great Britain.



**Figura 6.** Most active institutions in publications over time 2014-2024.

### 3.1.4 Most active Author(s)

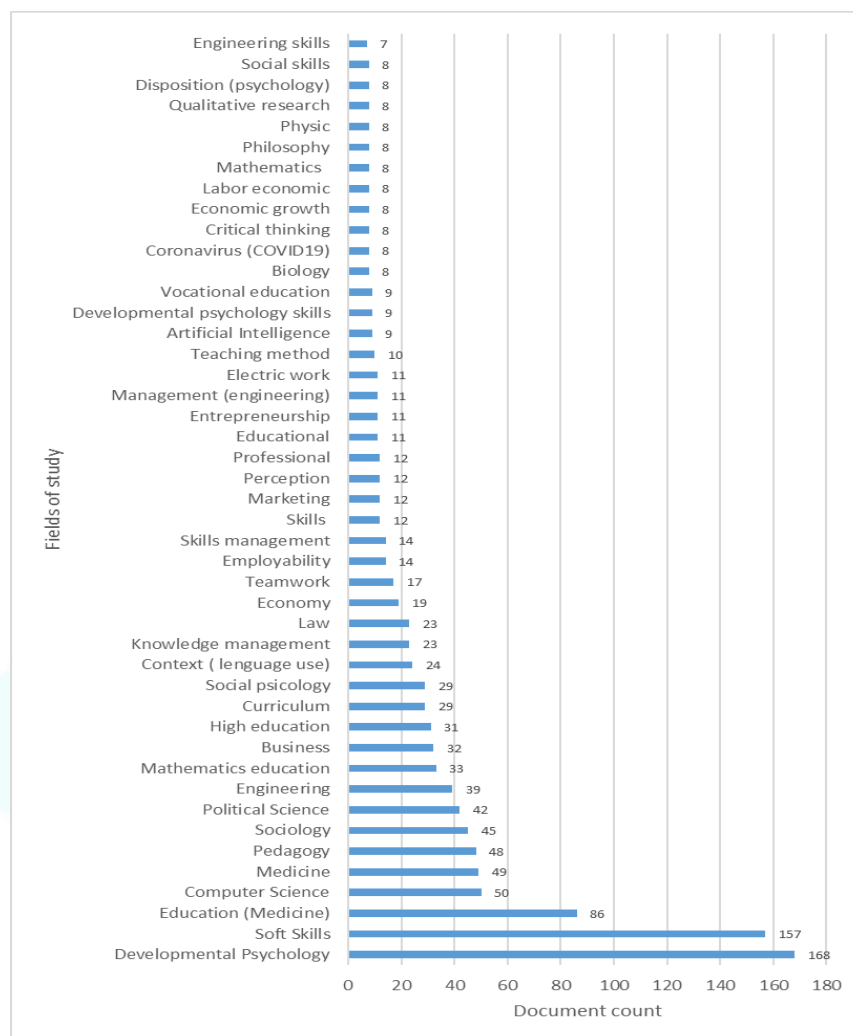
Figure 7 shows the analysis of the selected works, which highlights the participation of the authors: Michael Frese (3), a psychologist who has presented studies focused on the training of soft skills for entrepreneurs in the last five years, and Vinay Kumar Pandey (3), who has published scientific articles in the last four years on soft skills associated with multinational corporations, public relations, and the business world.



**Figure 7.** Most active Authors over time 2014-2024.

### 3.1.4 Fields of study with the highest incidence

Figure 8 shows the occurrence of the fields of study in journal articles published in the study period. The notable emphasis on the number of research papers in the fields of psychology (168), soft skills (157), and medical education (86) can be observed.



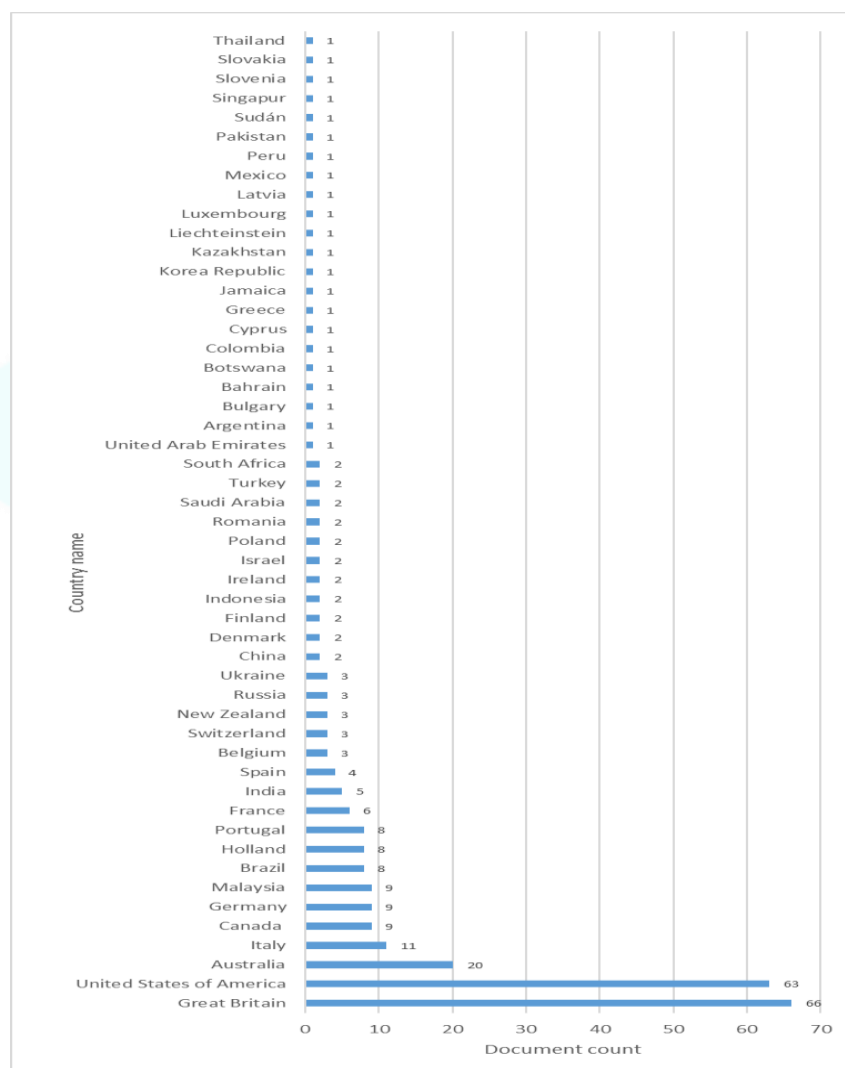
**Figure 8.** Fields of study with the highest incidence over time 2014-2024.

### 3.15 Geographic location of publication

The distribution of the selected research articles reveals a marked trend. The empirical research carried out on the data set resulted in the identification of 51 participating countries worldwide in the development of



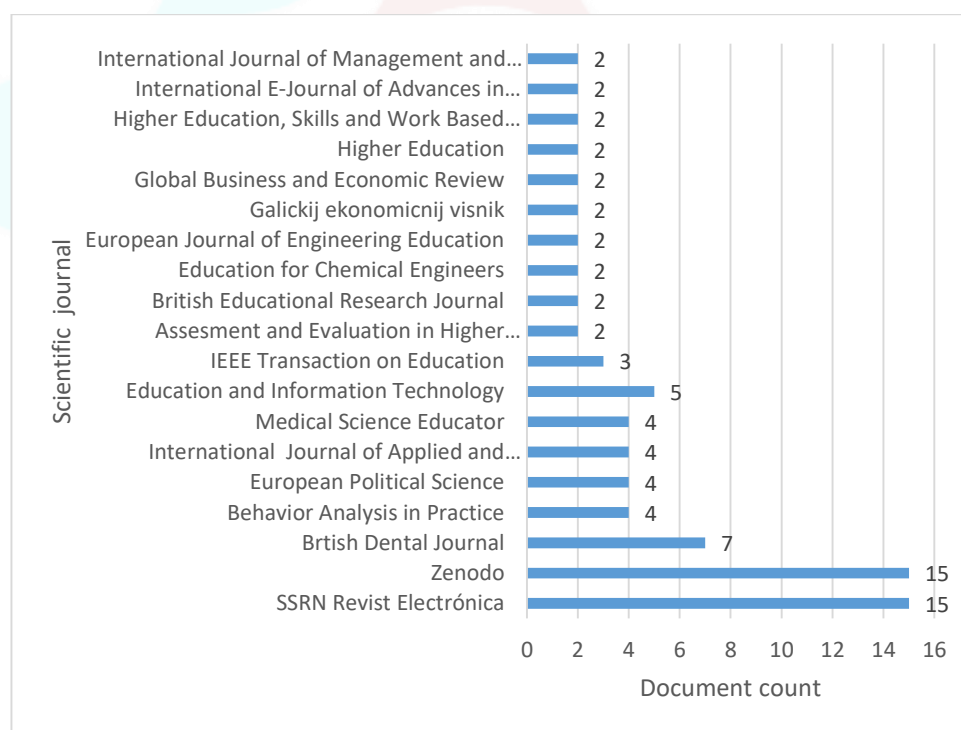
research, where 45 % of the works came from Great Britain and the United States of America, with 23 % and 22 % respectively, as shown in Figure 9. The results demonstrate a significant interest from Europe and America in carrying out studies to understand and deepen knowledge about soft skills.



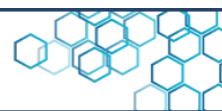
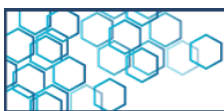
**Figure 9.** Geographic location of publication in the study topic over time 2014-2024.

### 3.1.6 Scientific journals most active in publications

After having studied the data obtained, according to Figure 10, the outstanding activity of the SSRN Electronic Journal (15) is observed, which is a repository of research articles, whose purpose is the rapid dissemination of academic research in the areas of social sciences, humanities, life sciences and health sciences, among others. In addition, Zenodo (15) stands out, a European repository that shares the philosophy of making science more visible to the general public.



**Figure 10.** Scientific journals most active in publications over time 2014-2024.

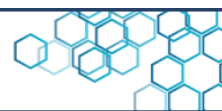
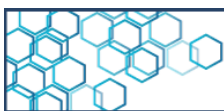


### **3.1.7 Content analysis**

In the literature search, it is observed that the term soft skills is registered under a wide variety of names, generally associated with the synonyms that the word “soft skill” can represent (soft skill, in English), for example, transversal, generic, essential, basic and employability skills. However, as a definition, they correspond to the group of skills not related to the technical, that is, linked to personal attributes and attitudes such as confidence, discipline, self-management, including social skills such as communication and attributes linked to emotional intelligence [8].

In the business context, soft skills are then considered a strategic element in any organization and deserve great attention, not only in the recruitment and selection phase of personnel, but also during professional career development. The quality of the industry, in terms of product quality, organisation, services and the quality of workers' lives, depends heavily on the soft skills possessed by staff at any level. The quality of human capital that performs any task, and then the results it can achieve, depends mainly on its soft skills.

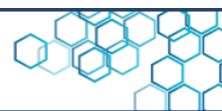
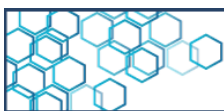
Today, we are living in a world of complexity, where digital technologies and artificial intelligence are transforming the world of work, therefore, the current workforce needs to acquire new skills and train to understand how to continually adapt as new occupations emerge. We also understand that the pandemic crisis caused by the COVID-19 virus has accelerated this transformation.



### 3.1.8.1 Complex environments (VICA2)

According to Specht [1], the characteristic scenario of the past decades of the 21st century, organizations had been functioning in an environment of uncertainty and volatility, an aspect that was especially evident in the prices of raw materials. Furthermore, there was an alteration of the borders of technologies and sciences in different areas. The digital transformation marked decisive changes on a large scale and speed, where Information and Communication Technologies (ICT) played an important role due to its rapid implementation and impact, and therefore, generated notable changes in society. These technologies fostered hyperconnectivity by working on digital information platforms that enable global accessibility. This combination of events has been permeating all sectors of the planet's economy and influencing the behavior of human beings individually and society in general [14]. Along with this, the political, social and climatic changes have also become evident, which muddy the environment and make it complex and ambiguous. This type of environment has been called VUCA [1,15,16].

The term VUCA emerges to describe conditions that describe volatility, uncertainty, complexity and ambiguity. Volatility is defined as the nature and dynamics of the change, as well as the characteristics of the drivers of the change. Volatility is described as the dynamic quality of decision-making context [17]. Uncertainty is given by the degree of unpredictable actions or conditions, which could escape the organizational vision, due to how unreliable they could be, it is the measured or perceived probability that the projections or predictions will be realized [17]. Complexity is given by the different vertices that define a condition, giving it a multifaceted character and generating confusion in the action. The causal factors or social forces that often act on the circumstance generally compete with



each other, and decision-making groups must often weigh the influences of the causal factors and make informed guesses to know which forces will ultimately influence the critical event [17]. Lastly, ambiguity results in the condition that leads to having multiple interpretations of the picture. Ambiguity is linked to the unknown meaning of one or more factors that influence a situation [17].

However, the post-pandemic scenario added new aspects to consider, which countries worldwide went through, especially in Latin America, where they managed complex economic environments, with a contraction of the economy due to the fall in the Gross Domestic Product (GDP), in addition, they faced a sustained growth of global debt, limiting the possibilities of promoting their economic and social development. This situation further evidenced the vulnerability of the citizen, given the reality of a public health system not prepared to face this type of situation. The closure of the borders, generated by the pandemic control situation, affected the continuity of the value and supply chain of organizations dedicated to commerce, further impacting the volatility of prices of products and services. On the other hand, limitations on imports of medical supplies and food, with transport restrictions due to unavailability or high fuel prices, established an atmosphere of uncertainty and insecurity in all sectors. All of these elements generated an adverse connotation to the situation, generating conditions of ambiguity, above all, in public policies [1].

Therefore, the term VUCA does not define the conditions of the environment of these countries, moving to a VUCA2 term, where factors such as vulnerability are added, which refers to the condition of helplessness in the face of threats and deficiencies. The COVID-19 pandemic has highlighted the vulnerable condition of human beings in the face of the public health system situation [15]. Regarding the added term insecurity, it is defined as the perception that an individual or social group has of the absence of security with respect to their physical or psychological

integrity and their relationship and connection with the external or internal world [14]. In chaos, there is an absence of logic, organization or criteria that allow appropriate praxis. In chaos, traditionally known practices tend to be inadequate [18]. Adversity refers to unfavorable occurrences or events, which involve situations perceived as extremely difficult, requiring determination, patience and perseverance to confront, address and overcome them [19].

Analyzing all these terms and implementing the CYNEFIN model [19], the general situation is between the complex and chaotic [1], as can be seen in Figure 11. Therefore, under this model, due to the sum of factors and the constant changes that are generated, in a transit through the era marked by digitalization, we operate under a disordered dual environment (chaotic and complex), where we transit from a state where we must act, under an adaptive domain and then we must experiment in order to work in an exploration domain, since the usual management responses no longer work, the conditions urge to be more agile, always managing flexible visions, constantly experimenting and adapting, working in an inclusive, collaborative and team manner, to continuously improve, carrying out emerging and novel practices.

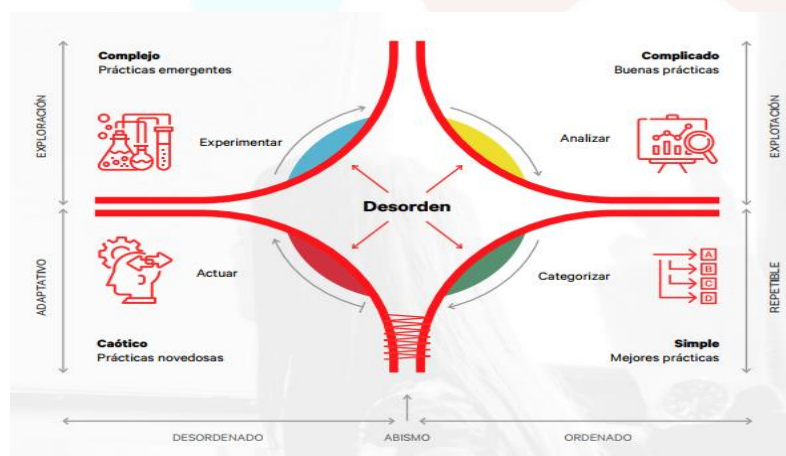
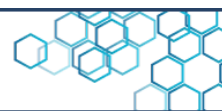
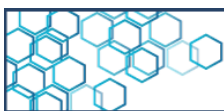


Figure 11. Model CYNEFIN [19]

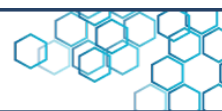
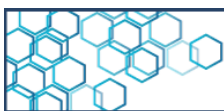


### 3.1.8.2 The impact of complex contexts on soft skills requirements

To achieve people's success in complex, dynamic and inclusive times, soft skills such as creativity [20], skills for managing digital environments [21] and the ability to face complex environments seem to be the most critical [22]. The McKinsey Global Institute, however, has analyzed the type of jobs that will be lost, as well as those that will be created, as automation, artificial intelligence and robotics take hold. Furthermore, it has inferred the type of high-level competencies that, as a result, will become increasingly important [23,24]. The institute identified a set of 56 fundamental skills, separated into four groups: the first group, called cognitive, covers the skills of critical thinking, communication, mental flexibility, planning and ways of working. The second group of self-leadership, which includes self-knowledge and self-management, entrepreneurship. The third interpersonal group consists of the skills of relationship development, teamwork effectiveness, and organizational mobilization systems. This group of competencies is associated with a greater benefit to citizens and demonstrated that greater mastery of them is associated with a greater probability of employment, greater income and greater job satisfaction.

An investigation that compiles the soft skills necessary in Latin America from 2010 to 2021 [25], announces that soft skills merit a change in their development after the Covid-19 pandemic, which allows them to adapt to the new reality, establishing that for the year 2020 the skills are adaptability to change, self-management, prioritization and resilience. Another study explains how the crisis caused by Covid-19 highlighted inequality in social classes, and also visualized other types of demographic inequalities in society [26]. Given the evaluation of this context, the author analyzes how organizational practices focused on social responsibility, among them, the personnel selection and recruitment process focused on soft skills such as

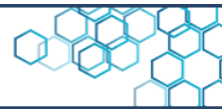
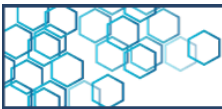




cultural adjustment, interpersonal linguistic skills, etiquette and sophistication, demographically favor privileged individuals in employability, thus contributing to social inequality. Research also carried out in post-pandemic contexts was carried out with the aim of examining to what extent the soft skills learned in people with university degrees coincided with the job criteria that employers needed, finding that students had the feeling of having effectively learned the soft skills of the degree, also resulting in a good return on investment. In the group of learned soft skills, problem solving, teamwork, emotional intelligence, and managing ethics in decisions were the most important [27]. Based on this context, the need to achieve change in society is emphasized, training future generations with the skills necessary to understand and perform their roles during complex times.

The emergence of technologies has generated changes in organizations, making their activities carry out in an increasingly digital environment. Under this premise, there is a need to change the profiles in organizations, especially in the requirements of soft skills; Therefore, they require employees with developed soft competencies such as: self-management, adaptability, leadership, organization, vision of the environment, conceptual analytical thinking, resilience, information systems management, creativity, information security, work-life balance, agility and dynamism [28].

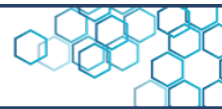
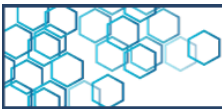
Another current trend in human talent management is that it seeks to promote effective leadership that is flexible, that adapts to each situation, and, in addition, demonstrates greater empathy and awareness with people. This trend identifies that, to achieve this transformative leadership, leaders need to have soft skills developed in self-management, integration, sensitivity and being able to serve as references for others [29]. On the other



hand, research that focused on studying the relevance of soft skills in the context of complexity explains that “soft skills, from the perspective of complexity, make it possible to make visible the diversity of manifestations that human beings express through their subjective and intersubjective interactions and the consequences of those actions through the exercise of emotions and values” [30]. These are the product of human behaviors that denote the sensitive nature of humanity, where the volubility of emotions are responsible for adaptation to the dynamics of complex times.

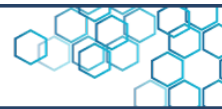
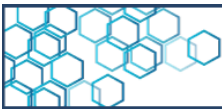
Soft competencies, in a 21st century context, make the difference between one professional and another, regardless of their disciplinary area. Vera notes that the key differentiator is that these skills are not related to the work that is done, but rather to how it is worked; that is, they are specific to a single job and leave the new workforce well prepared for a rapidly changing landscape, where adaptation to new environments is essential [31]. In this context, the study identifies the 10 soft skills most appropriate for the Chilean labor market: effective communication, problem solving, critical thinking, teamwork, adaptability, creativity, coordination, time management, work ethic and negotiation.

A work that evaluated the labor market in Malaysia [32], states that the soft skills that professionals must have are: good communication, the ability to get along with people, work as a team, analyze and think critically to solve problems and be able to lead. However, the general feeling of employers is that students who choose to work do not meet market expectations and; therefore, they are not summoned, generating an increase in unemployment rates. The results of this study report data that are very useful in identifying the critical competencies held by the workforce, serving as development opportunities for their training in universities, in order to improve the effectiveness of employability indices. In fact, research



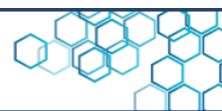
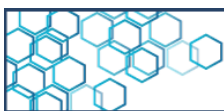
focused on evaluating the acquisition of soft skills in universities [33] points out that, without soft skills, each graduated student faces a series of problems during their professional life. The formation of the hard skills acquired at the university allows them to practice their professions, design equipment, cure and treat diseases, even develop economic models of growth; however, they will not be able to communicate effectively, interact in teams, or even manage conflicts. Another study critically examines the impact of overconfidence in numeracy among university students, who have the highest qualifications, and its effect on employability [34]. The findings of the research provide us with a reflection on the need to adapt the curriculum of the educational system, the development of employees in organizations and government strategies regarding soft skills.

At a time when the labor market is weakened and stagnant, undergoing continuous and rapid changes, characterized by the emergence of new professional and scientific areas, the role of higher education is premised on being protagonist, participatory, and challenging. Research carried out with the aim of discussing the importance of achieving soft skills in higher education that allow one to navigate in this type of environments, concludes that the context of indeterminacy regarding the future has variations, considering the geographical and political situation, the social context and the sector of activity [32,34-36]. Furthermore, attitudes, expectations and predispositions from the point of view of the parties involved are also critical elements for the success of this soft skills acquisition process. This last aspect has generated several investigations, because studies often report a gap between the expectations that students have of acquiring training in soft skills in accordance with their training careers and the existing training proposals on soft skills from universities, which, when providing training, take training for granted.



Under the scenario of complexity, there is definitely a change of paradigms, which implies drastically modifying the educational culture in primary, basic, secondary and university training institutions, in order to guarantee the implementation of the new way of teaching, training and training professionals, under a complex, dynamic and inclusive context. A change in the institutional structures and actors to evolve from results-oriented teaching to competency-oriented teaching [37]. Tsankov [38] considers that this change “requires: (i) redefining the objectives of education; (ii) paying special attention to the needs and learning motives of students; (iii) introducing adaptive teaching strategies; (iv) designing a dynamic environment that supports learning: flexible, mobile, that guarantees interaction and cooperation; (v) reaching a new level of monitoring and evaluation of learning results”.

In the proposals that exist for the change of the competency-oriented educational system, there is a study that evaluated how higher education institutions respond to the need for training increasingly focused on soft skills and how they develop a curriculum that meets these requirements [39], proposes the adoption of a constructivist paradigm in higher education as a central way to promote the development of soft skills, specifically through the intentional and systematic application and methods that facilitate the cognitive learning of students and their application in specific contexts. This new approach to the teaching-learning process requires: (i) that it sees the student as a subject and not as an object of education; (ii) the adoption of methodologies that enable students to learn and apply actively and independently; (iii) promoting student autonomy, confronting them with real problems and situations; (iv) integrative and multidisciplinary knowledge; and, finally, (v) a teacher who has the ability to

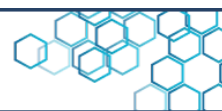
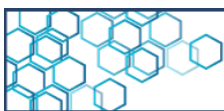


organize, inspire and motivate his students in this new educational approach [38].

For this new perspective to be successful, it is necessary to rethink and reorganize the curriculum, the educational environment, the expectations of institutional actors, the transformation of current teacher training and the current profile of the teacher, who will become an expert, consultant, mediator, moderator and facilitator in this process of developing transversal competencies in students [38]. In this way, it is expected that the professional can “bring the real world to the classroom, design learning situations focused on problem solving, learn collaboratively, use new technologies and center the didactic process on the student and the learning process” [40].

The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) and the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) have recently released recommendations to help today's students adapt to the changes, challenges, opportunities and risks of the 21st century, the digital era [41,42]. Starting from this point, the idea of adapting the world educational system arises. The current job market is very different from what it was three decades ago, when the focus was on technical or hard skills [2,3]. Today, companies need to fill their positions with professionals capable of properly balancing their technical skills with their socio-emotional skills, the so-called soft skills [9].

Currently, Venezuela does not escape this global reality, the concern of the Ministry of Popular Power for Science and Technology in Venezuela (Mincyt), understands the commitment and assumes the responsibility of changing the way of educating the new generations in a different way, in such a way "that allows us to transcend to our own scientific culture, from

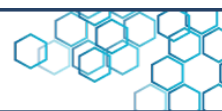
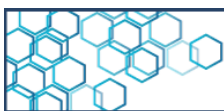


Venezuelan creativity, invention and innovation" [42]. However, investments in human resources education require specific research and training in soft competencies for new technologies, concepts and practices. This implies, without a doubt, the harmonious combination of hard and soft competencies that students starting their careers need to acquire to successfully navigate a VUCA2 environment. The competent authorities in the area of education have made efforts to develop the new curricular design of the Bolivarian Educational System [43], governed by the development of hard and soft competencies; However, the route or method of training soft skills in students does not exist nor is defined; therefore, it is urgent to respond to the need to deepen knowledge and identify an alternative with technical and economic feasibility for the development of these skills.

Technical or hard skills are easier to learn, but they are no longer enough for students entering university to endure in this highly competitive and complex global work environment. Soft skills, such as teamwork and communication, become of utmost importance [44], as the new generation of students must be equipped with skills and experiences relevant to participation in the workforce in the coming decades, but unfortunately, at present, such skills have not been sufficiently examined in research and are not sufficiently offered through education [45].

Under this premise, describing the context in which scientific and technological discoveries opened the door to a society characterized by globalization, high mobility of people and goods, technological boom, digitalization and evolving technical interconnectivity, information and communication technologies (ICT) emerge, specifically Cognitive Construction Technologies (CCT) [46], as an alternative to develop soft skills, which can be applied with a series of pedagogical strategies, mainly





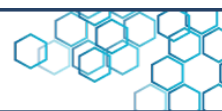
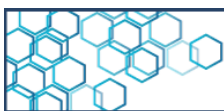
developed to favor different educational objectives. and to comply with specific technical requirements.

The discoveries that in the field of information and communication technologies (ICT) have arisen and continue to occur worldwide, have positioned the idea that these have arrived to transform all levels of human life at an unprecedented pace. These advances based on pedagogical concepts can be proposed as learning based on simulators that use innovative technology, which will allow the student to experience problems in real time that encourages analysis and reflection that leads to metacognition [47].

#### 4. Conclusions

In the present work, a global growth trend can be noted in publications related to the topic of study, with a sustained increase in the number of scientific articles and “preprint” (49% and 28% respectively of the total number of selected documents). Furthermore, it is reported that the number of publications made in the first year immediately preceding this study (2023) doubled compared to the first year (2014). 51 countries participating worldwide in the development of the research were identified, where 45% of the works came from Great Britain and the United States of America (with 23% and 22% respectively). In addition, the University of Oxford stands out as a representative of its academic institutions, followed by Harvard University (4 documents), King College London (4 documents) and the University of Bristol (4 documents). Highlighting the authors Michael Frese, who in the last 5 years has presented studies focused on the





training of soft skills for entrepreneurs and Vinay Kumar Pandey, who, in the last 4 years, has conducted research on soft skills associated with multinational corporations, public relations and the business world. Also, there is a notable emphasis on the number of research works in the study fields of psychology (168), soft skills (157) and medical education (86).

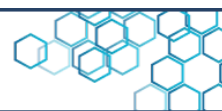
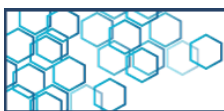
In the business context, the results of this research show that soft competencies are then considered a strategic element in any organization and deserve great attention, not only in the recruitment and selection phase of personnel, but also during the formation of the professional career. Since the quality of human capital that performs any task, and then the results it can achieve, depends primarily on these competencies.

Today, we live in a world of complexity, where digital technologies and artificial intelligence are transforming the world of work, which has been accelerated by the pandemic crisis caused by the COVID-19 virus.

In the scenario of the past decades, of the 21st century, organizations were operating in an environment defined as VUCA, due to the conditions that describe volatility, uncertainty, complexity and ambiguity. However, the post-pandemic scenario added new aspects to be considered, moving to a VUCA2 term, where factors are added, making it Volatile-Vulnerable, Uncertain-Unsafe, Complex-Chaotic and Ambiguous-Adverse.

Analyzing and implementing the CYNEFIN model to identify action implementation strategies, we manage ourselves under a dual environment (chaotic and complex), moving from a state where we must act, under an adaptive domain and experiment in order to work in an exploration domain.

The results of the research showed that the most outstanding skills for moving through the study environment are: adaptability to change,



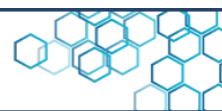
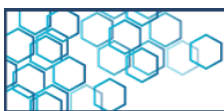
teamwork, creativity, critical thinking, communication, self-management, ethics in decisions, mental flexibility, sensitivity and management of digital environments. Competencies are not related to the work that is done, but rather to how it is done.

The research findings provide us with a reflection on the need to adapt the curricular curriculum of the educational system, the development of employees in organizations and government strategies regarding these competencies.

At a time when the labor market is weakened and stagnant, undergoing continuous and rapid changes, characterized by the emergence of new professional and scientific areas, the role of higher education is premised on being protagonist, participatory, and challenging. The importance of achieving soft skills in higher education that allow one to navigate this type of environment varies, depending on the geographic and political situation, the social context, and the labor sector of the activity.

Under this scenario of complexity and dynamism, there is definitely a change of paradigms, which implies drastically modifying the educational culture in primary, basic, secondary and university training institutions, in order to guarantee the implementation of the new way of teaching, training and training the professional. One of the proposals [37] is the adoption of the constructivist paradigm in higher education as a central way to promote the development of soft skills, specifically through the intentional and systematic application and methods that facilitate the cognitive learning of students and their application in specific contexts.

UNESCO and the OECD have recently launched recommendations to help today's students adapt to the changes, challenges, opportunities and risks of the 21st century, in the digital era. Currently, Venezuela does not escape

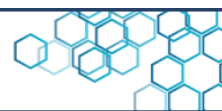
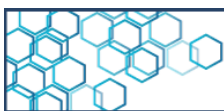


this global reality, the Mincyt understands the commitment and assumes the responsibility of changing the way of educating the new generations differently. One of the aspects to highlight is that investments in human resource education require specific research and training in soft competencies for new technologies, concepts and practices. This implies, without a doubt, the harmonious formation of hard and soft skills so that students who are beginning their careers can successfully transition under a VUCA2 environment. However, there is no defined route or method for training soft skills in students.

Obviously, public and private organizations, institutions are interested in helping their citizens develop in these areas; however, there is no well-defined information in the literature on methodology, curriculum design, and the best learning strategies.

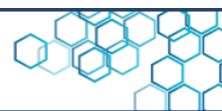
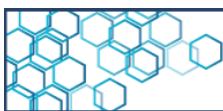
Technical or hard skills are easier to learn, but they are no longer sufficient for students beginning their university studies to thrive in today's highly competitive and complex global job market. However, Cognitive Construction Technologies (CCTs) [46], specifically "serious games," are emerging as an alternative for developing soft skills. These technologies can be applied using a range of pedagogical strategies, primarily designed to foster different educational objectives and meet specific technical requirements.

This paper opens a window for further research on "serious games" for cognitive development, particularly soft skills, as an object or phenomenon of study. This research aims to address the challenge of identifying effective methods for developing soft skills in university students within a complex global context.

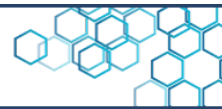
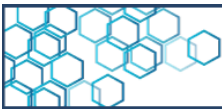


## 1. Referencias

1. Specht MI. Ante la Pandemia, un nuevo enfoque de análisis de entorno para las organizaciones. XI Reunión Nacional de Gestión de Investigación y Desarrollo 2021. Caracas, Venezuela.  
<http://saber.ucv.ve/handle/10872/21242>.
2. Redmann DH. Kotrlik JW. Technology integration into the teaching-learning process by business education teachers. Delta Pi Epsilon. 2004. J. 46, 76-91.  
[https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A5%3A20548885/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A15796977&crl=c&link\\_origin=scholar.google.com](https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A5%3A20548885/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A15796977&crl=c&link_origin=scholar.google.com)
3. Ritter BA. Small EE. Mortimer JW. Doll JL. Designing management curriculum for workplace readiness: Developing students' soft skills. J. Manag. Educ. 2018; 42(1):80-103. <http://dx.doi.org/10.1177/1052562917703679>
4. Bartlett CA. Ghoshal S. Building Competitive Advantage Through People. MIT Sloan Management Review. 2002.  
<https://sloanreview.mit.edu/article/building-competitive-advantage-through-people/>
5. Guthridge M. Komm AB. Lawson E. Making talent a strategic priority. McKinsey Q. 2008, 1, 48-59.  
<https://www.leadway.org/PDF/Making%20talent%20a%20strategic%20priority.pdf>
6. Hagen A. Udeh I. Wilkie M. The way that companies should manage their human resources as their most important asset: Empirical investigation. J Bus Econ Res. 2011; 1(1) 81-92. <http://dx.doi.org/10.19030/jber.v1i1.2962>.
7. Halfhill TR. Nielsen TM. Quantifying the "softer side" of management education: An example using teamwork competencies. J Manag Educ. 2007; 31(1):64-80. <http://dx.doi.org/10.1177/1052562906287777>.
8. Amico ED. Verona S. Cross-Country Survey on Soft Skills Required by Companies to Medium/High Skilled Migrants. Methodological approach for a common framework of Soft Skills at work. Ceipiemonte S.c.p.a.  
[https://www.centroestero.org/repository/20\\_05\\_2016\\_15\\_44\\_framework\\_softskillreport.pdf](https://www.centroestero.org/repository/20_05_2016_15_44_framework_softskillreport.pdf)

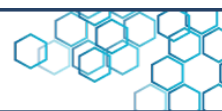
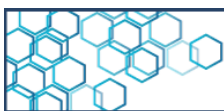


9. Vera F. Competencias blandas para la fuerza laboral del siglo XXI. *Transformar*, 2021 2(2), 20-29.  
<https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/download/20/12>
10. Montero I. León OG. Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en Psicología. *International journal of clinical and health psychology*. 2002 2(3), 503-508.  
<https://www.redalyc.org/pdf/337/33720308.pdf>
11. Arellano JA. Habilidades blandas y rendimiento académico en estudiantes de la Universidad Privada de Trujillo, Universidad César Vallejo. 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/>
12. Puga J. Martínez L. Management's competences in global scenarios. *Estudios Gerenciales* 24, 2008 (109), 87-103.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232008000400004&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232008000400004&script=sci_abstract&tlng=pt)
13. Gonzales-Aguilar A. Ramírez-Posada M. Carrot2: búsqueda y visualización de la información. *El profesional de la información*, 2012 21(1).  
[https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A2%3A29434034/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A78346053&crl=c&link\\_origin=scholar.google.com](https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A2%3A29434034/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A78346053&crl=c&link_origin=scholar.google.com)
14. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital. (LC/CMSI.6/4), Santiago, 2018.  
[https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A2%3A29434034/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A78346053&crl=c&link\\_origin=scholar.google.com](https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A2%3A29434034/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A78346053&crl=c&link_origin=scholar.google.com)
15. Kerzner H. The Growth of Project Complexity in a VUCA World. International Institute for Learning (IIL) 2020. <https://www.iil.com/white-papers/white-paper-the-growth-of-project-complexity-in-a-vuca-world/>.
16. Bernstein LE. The perceived importance of VUCA-driven skills for 21st-century leader success and the extent of integration of those skills into leadership development programs. Doctoral Thesis. School of Education. Drake University, 2014. Des Moines, Iowa. USA. Scholar Share @ Deake.  
<https://escholarshare.drake.edu/handle/2092/2035>
17. Shaffer LS. Zalewski JM. Career advising in a VUCA environment. *NACADA J.* 2011;31(1):64-74. <http://dx.doi.org/10.12930/0271-9517-31.1.64>.



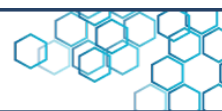
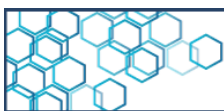
18. Hernández J. Larequi E. Metodología de transformación ágil y responsable. Asociación de la Industria de Navarra (AIN), 2019. Gobierno de Navarra, España. <https://www.ain.es/site/wp-content/uploads/Folleto-informativo-TCAR-AGIL.pdf>
19. García-Alandete J. Afrontando la adversidad. Resiliencia, optimismo y sentido de la vida. (Col. Cuadernos de Psicología 04), 2016. La Laguna (Tenerife): Latina.  
[https://www.researchgate.net/publication/311861820\\_Afrontando\\_la\\_adversidad\\_Resiliencia\\_optimismo\\_y\\_sentido\\_de\\_la\\_vida\\_Editorial\\_Latina\\_SP](https://www.researchgate.net/publication/311861820_Afrontando_la_adversidad_Resiliencia_optimismo_y_sentido_de_la_vida_Editorial_Latina_SP)  
[I&ved=2ahUKEwiz6YGO9ayLAXUDSzABHRQyDzUQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2MVnw7SWAvGfuvG3j0SDsV](https://www.researchgate.net/publication/311861820_Afrontando_la_adversidad_Resiliencia_optimismo_y_sentido_de_la_vida_Editorial_Latina_SP/I&ved=2ahUKEwiz6YGO9ayLAXUDSzABHRQyDzUQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2MVnw7SWAvGfuvG3j0SDsV)
20. Mihaela D. Amalia D. Bogdan G. The partnership between academic and business environment. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2015 180, 298–304.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815014512>
21. Garista P. Pace EM. Barry M. Contu P. Battle-Kirk B. Pocetta G. (2015) The impact of an international online accreditation system on pedagogical models and strategies in higher education. *Res. Edu. Media*, 7.  
[https://www.researchgate.net/profile/Margaret-Barry-2/publication/285322474\\_The\\_impact\\_of\\_an\\_international\\_online\\_accreditation\\_system\\_on\\_pedagogical\\_models\\_and\\_strategies\\_in\\_higher\\_education/links/565d676108ae4988a7bbe0ab/The-impact-of-an-international-online-accreditation-system-on-pedagogical-models-and-strategies-in-higher-education.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Margaret-Barry-2/publication/285322474_The_impact_of_an_international_online_accreditation_system_on_pedagogical_models_and_strategies_in_higher_education/links/565d676108ae4988a7bbe0ab/The-impact-of-an-international-online-accreditation-system-on-pedagogical-models-and-strategies-in-higher-education.pdf)
22. Arciénaga Morales A. Nielsen J. Bacarini H. Martinelli S. Kofuji S. García Díaz J. Technology and innovation management in higher education—cases from Latin America and Europe. *Adm Sci* [Internet]. 2018;8(2):11.  
<http://dx.doi.org/10.3390/admsci8020011>.
23. Dondi M. Hieronimus S. Klier J. Puskas P. Schmutz D. Schubert J. A government blueprint to adapt the ecosystem to the future of work. McKinsey: Public & Social Sector Report, 2020.  
<https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/a-government-blueprint-to-adapt-the-ecosystem-to-the-future-of-work>



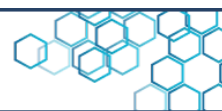
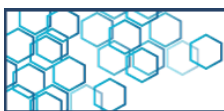


24. Bughin J. Hazan E. Lund S. Dahlström P. Wiesinger A. Subramaniam A. Skill shift: Automation and the future of the workforce. McKinsey Global Institute, 2018 1, 3-84. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>
25. Pérez S. MP. ¿Cuáles son las nuevas competencias blandas que las empresas de América Latina deben desarrollar en sus colaboradores para responder a la nueva realidad causada por la pandemia del Covid-19?. 2021. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8729/1/58580-2021-2-GTH.pdf>
26. Bapuji H. Patel C. Ertug G. Allen DG. Corona crisis and inequality. Why management research needs a societal turn. Journal of Management. 2020 46(7). 1205-1222. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0149206320925881>
27. Strang KD. How effective is business education in the workplace: structural equation model of soft and hard skill competencies. SN Bus Econ 2023;3(1):28. <http://dx.doi.org/10.1007/s43546-022-00404-1>.
28. Sarell J. Enfoques sobre competencias digitales en las recientes revoluciones industriales. Revista Gestión y Gerencia. 2021, Vol. 15, Nro 2, Págs 69-86. ISSN: 1856-8572 EISSN: 2443-4612. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela. <https://revistas.uclave.org/index.php/gyg/article/download/3955/2555>
29. Canelón L. Análisis sobre las tendencias en competencias blandas para el desempeño laboral actual. Revista Honoris Causa, 2023 15(2), 207-222. <https://revista.uny.edu.ve/ojs/index.php/honoris-causa/article/download/236/363>
30. Seetha N. Are soft skills important in the workplace? A preliminary investigation in Malaysia. Int J Acad Res Bus Soc Sci. 2014; 4(4). <http://dx.doi.org/10.6007/ijarbss/v4-i4/751>.
31. Arat M. Acquiring soft skills at university, Journal of Educational and Instructional Studies in the World. 2014 4(3),46-51. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=58dfe7fe713fed5db36626bf265264b69cc7b95b>
32. Hack-Polay D. Are graduates as good as they think? A discussion of overconfidence among graduates and its impact on employability. Educ Train. 2020. <http://dx.doi.org/10.1108/et-10-2018-0213>

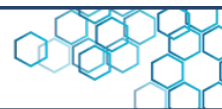
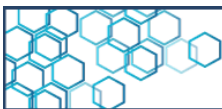




33. Ramírez Franco MM. Relevancia de las habilidades blandas en el contexto de la complejidad, 2022. <https://revista.grupocieg.org/wp-content/uploads/2022/12/Ed.59256-267-Ramirez-Franco.pdf>
34. Adrian M. Determining the skills gap for new hires in management: student perceptions vs employer expectations. Int J Innov Educ Res. 2017 5(6):139-147. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol31685.iss31686.31732>
35. Messum D. Wilkes L. Jackson D. Peters K. Employability Skills in Health Services Management: perceptions of recent graduates. Asia Pacific J Health Manag, 2016. <https://doi.org/10.24083/apjhm.v2401i24081.24235>
36. Skowron A. Dymek J. Gołda A. Polak W. Are we ready to implement competence-based teaching in pharmacy education in Poland? Pharmacy. 2017, 5, 25. <https://doi.org/10.3390/pharmacy5020025>
37. Tsankov N. Development of transversal competences in school education (a didactic interpretation). Int. J. Cogn. Res. Sci. Eng. Edu. 2017 5, 129-144. <https://cyberleninka.ru/article/n/development-of-transversal-competences-in-school-education-a-didactic-interpretation.pdf>
38. Sá MJ. Serpa S. Transversal competences: Their importance and learning processes by higher education students. Education Sciences, 2018 8(3), 126. <https://www.mdpi.com/2227-7102/8/3/126/pdf>
39. Crasovan M. Transversal competences or how to learn differently. In Communication Today: An Overview from Online Journalism to Applied Philosophy; Micle, M., Mesaros, C., Eds. Trivent Publishing: Budapest, Hungary, 2016 pp. 171-178, ISBN 978-615-80340-6-7. <https://trivent-publishing.eu/triventvechi/books/philosophy/communicationtoday/17.%20Mariana%20Crasovan.pdf>
40. Organisation for Economic Co-operation and Development: The Future of Education and Skills (OCDE). 2018. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills\\_5424dd26/54ac7020-en.pdf&ved=2ahUKEwioucuV-qyLaxWqTDABHUhvI5cQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2zHxdI1hyX-evKvYccUPaH](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf&ved=2ahUKEwioucuV-qyLaxWqTDABHUhvI5cQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2zHxdI1hyX-evKvYccUPaH).



41. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). UNESCO Recommendation on Open Science, 2021.  
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.unesco.org/en/open-science/about&ved=2ahUKEwjvg4uD-qyLAXU8SDABHZsPGMQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw3x8wTJ6wqwCz8dylZwzQGp>.
42. Semilleros Científicos: un programa que fomenta la creatividad, invención e innovación en Venezuela [Internet]. Correo del Orinoco. 2024 [citado el 17 de julio de 2024].  
<http://www.correodelorinoco.gob.ve/semilleros-cientificos-programa-fomenta-creatividad-invencion-e-innovacion-en-venezuela/>.
43. Frías AC. Currículo Nacional Bolivariano: diseño curricular. Educere, 11(39), 2007. 753-775.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=3DS1316-49102007000400020&ved=2ahUKEwj4Pau-qyLAXWQTTABHUIXCO4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw09hnEGHo8Bcy0\\_Sj86ge4V](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=3DS1316-49102007000400020&ved=2ahUKEwj4Pau-qyLAXWQTTABHUIXCO4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw09hnEGHo8Bcy0_Sj86ge4V).
44. Dean SA, East JI. Soft skills needed for the 21st-century workforce. Int J Appl Manag Technol. 2019; 18(1).  
<https://scholarworks.waldenu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4772&context=dissertations>
45. Börner K, Scrivner O, Gallant M, Ma S, Liu X, Chewning K, et al. Skill discrepancies between research, education, and jobs reveal the critical need to supply soft skills for the data economy. Proc Natl Acad Sci USA. 2018; 115 (50): 12630-7. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1804247115>.
46. Mirabal-González JF. (2019). El árbol para la innovación. Transformando a la empresa en la economía digital. Amazon.  
<https://www.amazon.com/-/es/El-%C3%81rbol-para-Innovaci%C3%B3n-Transformando/dp/9801807156>
47. Garcés SPS. Palma MAE. De la Cruz SCÁ (2017). Las tecnologías de información y comunicación como herramienta cognitiva para la construcción de aprendizajes significativos. Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa. ISSN 1390-9010, 5(2), 73-84.  
file:///C:/Users/hrodriguez/Downloads/1585-Texto%20del%20art%C3%ADculo-3609-1-10-20170912-1.pdf



Artículo de divulgación

## **Liderazgo femenino en la ciencia y tecnología no es producto de azar.**

## **Female leadership in science and technology is not a product of chance.**

Isabel Hernández<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Prensa, Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones (Cendit).

Durante décadas la mujer ha tenido que enfrentarse a grandes adversidades a causa de la desigualdad de género y los estereotipos sociales que se han impuesto a nivel mundial en todas las disciplinas, sobretudo en el ámbito científico. Lo que ha llevado a crear un mundo altamente dominado por el patriarcado desde años remotos, oponiéndose a la participación equitativa de ambos sexos.

Una de las principales consecuencias ha sido el llamado “efecto Matilda”, término acuñado por la historiadora Margaret W. Rossiter, en el año 1993 y se le atribuye a Matilda Joslyn Gage, en su ensayo “la mujer como inventora”, ver la Figura 1. Gage fue la primera dedicada a la ciencia que denunció públicamente el fenómeno producido por la discriminación y prejuicio, dirigidos hacia la mujer científica, intentando invisibilizar los importantes logros que han alcanzado, atribuyéndole a los hombres muchos de sus aportes, trabajos e investigaciones[1,2].



**Recibido:** 21 de marzo del 2024

**Aceptado:** 09 de mayo del 2024

**Publicado:** 6 de marzo del 2025

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**DOI:** 10.5281/zenodo.14845704

**\*Autor para correspondencia:**

Isabel Hernández

**e-mail:**

[ihernandez.cendit@gmail.com](mailto:ihernandez.cendit@gmail.com)



**Figura 1.** Matilda Joslyn Gage, la mujer que dio nombre al "Efecto Matilda", un fenómeno que visibiliza la discriminación de género en la ciencia. Fuente: Santo Tomás en línea (2020) [3].

Según un informe reciente publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) [4], solo el 33.3 % representa a las mujeres investigadoras en el mundo, mientras que el 35 % de la población son estudiantes de carreras relacionadas con la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por sus siglas en inglés).

Esta desigualdad demuestra la necesidad de construir estrategias formativas que estimulen el interés y la participación de las niñas y mujeres en la ciencia en edades tempranas, para brindarles herramientas desde el conocimiento que garantizarán el desarrollo de futuros trabajos de investigación liderados por las capacidades femeninas desde otra perspectiva y sensibilidad, con la finalidad de aumentar las estadísticas de participación a escala global.

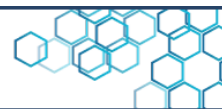
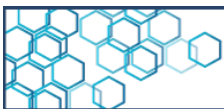
En Latinoamérica cada vez son más las mujeres y niñas que se adentran en las distintas ramas de la ciencia, para la fecha representan el

44 % de la población ocupada en estas tareas, rompiendo con la brecha de género que persiste en la sociedad aún en el siglo XXI mientras trabajan por transformar los errados pensamientos de vincular la ciencia y la tecnología solo con lo masculino, ver Figura 2[5,6].



**Figura 2.** Países latinoamericanos con el mayor porcentaje de mujeres investigadoras liderado por Venezuela, con más del 61 % según datos de 2016, Argentina, con un 54 % (2017), y Panamá, con casi el 52 % (2013). Fuente: Statista (2021) [7].

Desde el año 2016 Venezuela rompe con los paradigmas de exclusión y lidera el porcentaje Latinoamericano de mujeres investigadoras en el campo de la ciencia con el 61%, lo que representa



a más de la mitad de la población venezolana dedicada al sector. En el año 2023 se realizó en el país la actualización del Registro Nacional de Investigadores e Investigadoras (ReNII), el cual arrojó que 12.126 mujeres venezolanas con edades promedio de 20 a 49 años participan de manera activa en el desarrollo de proyectos científicos-tecnológicos, lo que equivale al 48,9 % de la población total de investigadoras a nivel nacional [8].

La viceministra para el Desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), Gloria Carvalho, aseguró durante una entrevista realizada por el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (Mincyt) que, “el sector de ciencia y tecnología sigue siendo el mayor sector (a nivel mundial) con disparidad de género. Afortunadamente en el país nuestros números son diferentes al resto. En el mundo, menos del 34% de los participantes de Ciencia y Tecnología son mujeres, pero en Venezuela, pertenece a más del 60%” [9].

A Venezuela, le secunda Argentina con el 54 %, Panamá con casi el 52 %; mientras que el 36 % pertenece a las mujeres de Uruguay; el 26 % en Colombia, el 17 % en El Salvador; en Honduras el 21,5 % y Perú alrededor del 19 %.

Con la llegada de la Revolución Bolivariana en el año 1999, se ha multiplicado la participación de la mujer en diversas áreas de la ciencia, llevando a cabo el desarrollo de proyectos de investigación en las áreas STEM, donde se implementan una variedad de planes que buscan derribar las barreras impuestas por la sociedad hegemónica permitiendo impulsar un sistema productivo en redes de mujeres.



Para seguir ampliando las oportunidades de participación equitativas de las mujeres venezolanas en la ciencia, el Mincyt se ha encargado de idear estrategias desde la formación que incorporen las habilidades femeninas en las distintas ramas de la innovación científica y tecnológica.

Un ejemplo de ello es la creación de la plataforma digital Mujer, la Innovación está en TI (Telecomunicaciones e Informática) [10] posicionada el 09 de marzo del 2023 (ver Figuras 3, 4 y 5), la cual ofrece información sobre actividades de capacitación gratuitas, talleres y conversatorios en modalidad presencial y en línea, dirigidas a niñas, jóvenes y mujeres de cualquier edad, que se inclinen hacia el aprendizaje de la tecnología e informática, no siendo excluyente si poseen o no conocimientos previos en el área.





**Figura 3.** Curso gratuito de fundamentos de sistemas de telecomunicaciones de la Fundación Cendit. Fuente: Hernández, I. (2023).



**Figura 4.** María Quijada, ingeniera en telecomunicaciones de la Fundación Cendit dirige el curso gratuito Sistemas de Telecomunicaciones, a través de la plataforma MujerTI. Fuente: Hernández, I. (2023).



**Figura 5.** Esta iniciativa busca empoderar a las mujeres y promover su participación en áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM). Fuente: Hernández, I. (2023).

De esta manera, el Mincyt ha convertido sus entes adscritos en centros de formación, donde se les brinda a las femininas las herramientas necesarias para ampliar sus saberes, desde la experiencia de los profesionales que desempeñan labores en instituciones como la Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones (Cendit), centro de investigaciones que contribuye con el fortalecimiento de las telecomunicaciones en el país, a través del desarrollo y la investigación de productos y servicios; la cual oferta cuatro cursos gratuitos en el sitio web, facilitados en paridad por hombres y mujeres. (ver imágenes 6 y 7)



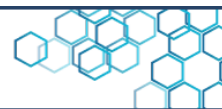
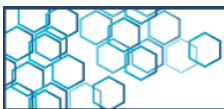
**Figura 6.** La formación se basa en un enfoque de "aprender haciendo", donde los participantes adquieren conocimientos teóricos y luego los aplican en situaciones del mundo real. Fuente: Hernández, I. (2023).



**Figura 7.** El programa de capacitación ofrece una combinación equilibrada de instrucción teórica y experiencia práctica, lo que permite a los participantes desarrollar habilidades y conocimientos integrales. Fuente: Hernández, I. (2023).

A un año del lanzamiento de dicho portal, el Cendit ha registrado un total de 99 mujeres capacitadas en: Fundamentos de Sistemas de Telecomunicaciones, Fundamentos de Fibra Óptica, Curso Básico de Fuentes Conmutadas y Diseño de Circuitos Impresos, de forma presencial. Estas mujeres pertenecen al personal administrativo y obrero de la sede principal del Mincyt, Industria Canaima, Agencia Bolivariana de Actividades Espaciales (ABAE) y Telecomunicaciones Gran Caribe (TGC).

De igual manera, durante el 2023 se formaron más de 20 voceras del Poder Popular que integran la mesa técnica de telecomunicaciones en la parroquia Sucre (Catia), quienes se convirtieron en portavoces del conocimiento adquirido en la zona donde se residen; así como

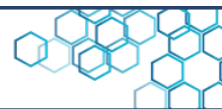
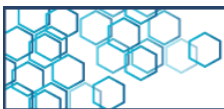


otras 15 pertenecientes a la región central (Caracas, Miranda y La Guaira), las cuales fueron captadas a través de las redes sociales, entre jóvenes y mujeres, estudiantes y trabajadoras, con el propósito de optimizar su desempeño académico, laboral y profesional.

Otro espacio de aprendizaje que durante el 2023 brindó oportunidades de estudio es la Superintendencia de Servicios de Certificación Electrónica (Suscerte), con un total de 959 damas formadas gracias al Aula Virtual, donde ofrecen capacitaciones relacionadas a la seguridad informática, destacando algunas como: Fundamentos sobre Políticas de Seguridad Informática, Fundamentos Básicos de la Informática Forense, Introducción a la Gestión de Riesgos y Amenazas en la Seguridad Informática, Infraestructura de Clave Pública, Fundamentos de la Criptografía, entre otros.

Del mismo modo, el Centro Nacional de Tecnologías de Información (CNTI), es una institución que potencia los esfuerzos en materia de informática y software libre con el fin de contribuir a la eficiencia y efectividad desde el desarrollo y fortalecimiento del sector de las Tecnologías de Información, oferta una variedad de cursos gratuitos mediante la plataforma digital MujerTI, iniciando el año 2019 con 240 mujeres capacitadas, para el 2020 esa cifra se elevaría a 363; 1.123 en el 2021; 1.456 en 2022 y por último 2.578 el pasado 2023.

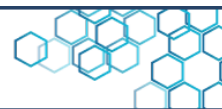
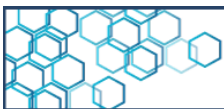
Inducciones como Certificación de Programas Informáticos, Sistema de Evaluación de Desempeño Individual (SEDI), Introducción al Desarrollo de Servicios Web, Soporte Técnico Aplicaciones de Servicios Web, Introducción y Aplicaciones Interactivas para la Televisión Digital Abierta (TDA), Desarrollo de Aplicaciones Web, entre otras; son algunas de las que se encuentran disponibles en el sitio web.



Por su parte, la ministra para Ciencia y Tecnología, Gabriela Jiménez, mencionó en su cuenta oficial de X que, “hablar de la mujer venezolana es reconocer el trabajo de millones de ellas dedicadas desde el conocimiento, saberes, práctica y conciencia a generar mejores condiciones de vida para el pueblo. Hoy más de 12 mil mujeres venezolanas desarrollan proyectos científicos en Venezuela”.

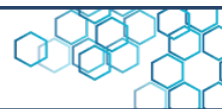
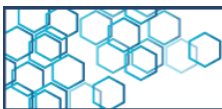
Lo que demuestra el arduo trabajo que realiza el gobierno venezolano por resaltar la importancia de la figura femenina en la formación, no solo en las áreas relacionadas con las STEM sino en otros campos del conocimiento y aprendizaje. Los saberes adquiridos desde formaciones como el programa nacional Semilleros Científicos, creado e impulsado por el Mincyt, despiertan esa afinidad que sienten los más pequeños por temas como la robótica, programación, electrónica, mecánica, entre otros; apostando al futuro desarrollo de la patria al mostrar que Venezuela tiene una política clara para la incorporación de las mujeres en la creación y desarrollo de conocimiento envidiable por países considerados “desarrollados”.





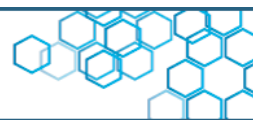
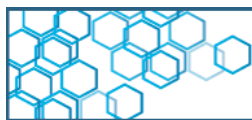
## Referencias bibliográficas

- [1]. Llorente A. British Broadcasting Corporation (BBC) News Mundo. Día de la Mujer: qué es el "efecto Matilda" que invisibiliza a las mujeres en la ciencia. Disponible en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55990900>.
- [2]. Casanovas A. Espacio H&A. El papel de las mujeres en el ámbito de la creatividad y la labor intelectual. Disponible en: <https://www.hyaip.com/es/espacio/el-papel-de-las-mujeres-en-el-ambito-de-la-creatividad-y-la-labor-intelectual/>.
- [3]. Caro P. Santo Tomás en línea. El efecto "Matilda" y la invisibilización de las mujeres en la academia y las ciencias. Disponible en: <https://enlinea.santotomas.cl/blog-expertos/efecto-matilda-la-invisibilizacion-las-mujeres-la-academia-las-ciencias/>.
- [4]. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). Más mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas mejoraría el desarrollo económico de la región. Disponible en: <https://www.unesco.org/es/articles/mas-mujeres-en-ciencia-tecnologia-ingenieria-y-matematicas-mejoraria-el-desarrollo-economico-de-la>.
- [5]. Arredondo F. Vázquez J. Velázquez L. STEM y brecha de género en Latinoamérica. 2018. Rev. El Col San Luis. 9 (18): 137-58. Disponible en: <file:///C:/Users/hrodriguez/Downloads/Dialnet-STEMYBrechaDeGeneroEnLatinoamerica-7613602.pdf>
- [6]. Gendra R. Espacio Herrero & Asociados. Mujeres y ciencia en Latinoamérica: ¿por qué aún la disparidad de género sigue siendo un tema de conversación? (2023). Disponible en: <https://www.hyaip.com/es/espacio/mujeres-y-ciencia-en-latinoamerica-por-que-aun-la-disparidad-de-genero-sigue-siendo-un-tema-de-conversacion/>.



- [7]. Pasquali M. Statista. ¿Qué países latinoamericanos tienen más investigadoras?, Disponible en: [https://es.statista.com/grafico/24169/porcentaje-de-mujeres-investigadoras-en-latinoamerica/#:~:text=Los%20pa%C3%ADses%20latinoamericanos%20con%20el,el%2052%25%20\(2013\).&text=Este%20gr%C3%A1fico%20muestra%20un%20mapa,total%20de%20investigadores%20en%202018.](https://es.statista.com/grafico/24169/porcentaje-de-mujeres-investigadoras-en-latinoamerica/#:~:text=Los%20pa%C3%ADses%20latinoamericanos%20con%20el,el%2052%25%20(2013).&text=Este%20gr%C3%A1fico%20muestra%20un%20mapa,total%20de%20investigadores%20en%202018.)
- [8]. Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI). Disponible en: <https://observatorio.oncti.gob.ve/#/>
- [9]. Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (Mincyt). Disponible en: <https://mincyt.gob.ve/venezuela-mujer-ciencia-tecnologia/>
- [10]. Plataforma digital “Mujer, la innovación está en TI”. Disponible en: <https://mujerti.mincyt.gob.ve/>





“El amor que alberga el corazón de una mujer (Científica)  
es fuerza sublime para salvar la causa humana.”

Hugo Chávez.

[www.cntq.gob.ve](http://www.cntq.gob.ve)

Síguenos en nuestras redes



@CNTQ\_Vzla



Centro Nacional de Tecnología Química



CNTQ