

Research Article

Feasibility Enterprise Time and Attendance System Using Artificial Vision Based on Neural Networks with Python and Raspberry Pi

Feasibility Enterprise Time and Attendance System Using Artificial Vision Based on Neural Networks with Python and Raspberry Pi

Alex Núñez^{1*}, Johnny Jácome¹, Kerly Vaca^{1,2}, Braulio Balseca^{1,2}, Ramiro Jara^{1,3}

INDEXACIÓN II CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGIA
MORONA SANTIAGO
CICTMS 2021

¹Facultad de Informática y Electrónica FIE, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

²IEEE Rama Estudiantil, FIE, ESPOCH, Riobamba, Ecuador.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

ORCID

Alex Núñez: <https://orcid.org/0009-0005-5693-3488>

Corresponding Author: Alex
Núñez

Published: 18 April 2024

Production and Hosting by
Knowledge E

© Alex Núñez et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

The objective of this article is to model a facial recognition system, using a Raspberry Pi and Machine Learning (ML), for an attendance control system. Machine learning is a branch of artificial intelligence that allows the training of algorithms inspired by biological systems, using a considerable amount of information. In this work, the architecture of artificial neural networks with error backpropagation has been used, which have a certain similarity with human neurons and can extract knowledge from the input data. The algorithms have been implemented in Python and the results show a high precision for the classification and recognition of people.

Keywords: facial recognition, Python, Raspberry Pi, artificial neural networks, machine learning.

Resumen

El objetivo del presente artículo es el modelado de un sistema de reconocimiento facial, mediante la utilización de una Raspberry Pi y Machine Learning (ML), para un sistema de control de asistencia. El aprendizaje de máquina o ML es una rama de la inteligencia artificial que permite el entrenamiento de algoritmos inspirados en sistemas biológicos, usando una cantidad considerable de información. En este trabajo, se ha usado la arquitectura de redes neuronales artificiales con retropropagación del error, las cuales guardan cierta similitud con las neuronas humanas y tienen la capacidad de extraer conocimiento a partir de los datos de entrada. Los algoritmos han sido implementados en Python y los resultados muestran una alta precisión para la clasificación y reconocimiento de personas.

Palabras Clave: Reconocimiento facial, Python, Raspberry Pi, Redes Neuronales Artificiales, Machine Learning.

 OPEN ACCESS



1. Introducción

La Inteligencia Artificial es una rama de las Ciencias de la Computación que se encarga de estudiar y diseñar algoritmos que le permitan a un sistema informático extraer conocimiento. El propósito de un sistema con Inteligencia Artificial es el aprendizaje mediante el modelado de los datos de entrada para posteriormente tomar decisiones y realizar acciones imitando el comportamiento de la lógica humana (1).

El Machine Learning, conocido como aprendizaje automático o aprendizaje de máquina, se enfoca en estudiar la extracción y el reconocimiento de patrones (2). Esto hace posible que las máquinas puedan aprender sin ser explícitamente programadas para ello. En los últimos años, se ha popularizado este paradigma junto con los modelos de Deep Learning (3), los cuales, son usados en varios campos científicos, uno de ellos, la Visión artificial o visión por computación. Una de las aplicaciones cada vez más desarrollada y usada de forma cotidiana, es el del reconocimiento facial, es decir, la identificación automatizada de las personas presentes en una imagen o vídeo (4).

El cerebro humano se compone de más de cien millones de redes neuronales. Estas redes son las que hacen que podamos aprender, procesar y recordar información. Están compuestas de dendritas, el soma y el axón. Las dendritas se encargan de captar los impulsos nerviosos que emiten otras neuronas. Estos impulsos, se procesan en el soma y se transmiten a través del axón que emite un impulso eléctrico hacia las neuronas contiguas (1).

Las redes neuronales artificiales (ANN) son sistemas informáticos formados por estructuras que intentan imitar el funcionamiento del cerebro humano. Se dividen en capas e interconectan varias neuronas para que puedan procesar la información y producir una salida (5). El aprendizaje es, entonces, un proceso iterativo donde cada vez se reduce el error mediante un algoritmo de optimización (6). Una vez que el sistema se ha entrenado se evalúa su grado de generalización, es decir, su adaptación a entornos o datos desconocidos (7).

La Raspberry Pi es una de las placas de computación física líderes en el mercado. Actualmente, es usado por entusiastas y estudiantes que construyen proyectos para interactuar y dar soluciones en el mundo que los rodea. Raspberry Pi es una tarjeta embebida que funciona bajo el Sistema Operativo Linux, lo que, el lenguaje Python está integrado en la misma. Además, tiene una variedad de software preinstalado, que incluye un navegador web, una suite ofimática, una terminal e incluso Minecraft. Los puertos de comunicación Wifi y Bluetooth incorporados para conectarse a Internet y periféricos externos. Para ejecutar Python, la Raspberry Pi suele ser la mejor opción, ya



que, tiene una versión completa de Python para ejecutarla sin ninguna configuración adicional (8).

1.1. Python y Raspberry Pi

Raspberry Pi es una mini computadora de bajo costo que ha facilitado mucho el aprendizaje y desarrollo de aplicaciones informáticas mediante programación estructurada. Esta mini computadora ha sido utilizada para el desarrollo de un sistema para reconocimiento facial. Para el presente trabajo, se ha utilizado como base Python versión 3.8 con las siguientes librerías de código abierto:

OpenCV versión 4.6.0.66. Es una biblioteca de software de visión y análisis de imágenes para ordenadores. Tiene una licencia BSD, por lo que es de acceso abierto para uso académico y comercial. Tiene interfaces C ++, Python y Java. Además, es compatible con Windows, Linux, Mac OS, iOS y Android. OpenCV está enfocada para aplicaciones en tiempo real (9).

NumPy versión 1.23.4. Es una biblioteca que permite las operaciones de tipo aritmético y matricial.

Pandas versión 1.5.1. Es una librería usada dentro del ámbito del Data Science y Machine Learning, ya que ofrece unas estructuras adecuadas y flexibles que facilitan la manipulación y ordenamiento de datos.

Matplotlib versión 3.6.2, es una biblioteca para la generación de gráficos en 2D y 3D, a partir de datos contenidos en listas o arreglos.

1.2. Reconocimiento Facial

Mediante algoritmos de procesamiento de imágenes se puede identificar a las personas de forma automática mediante el uso de cámaras. La tecnología de reconocimiento facial permite la autenticación e identificación de rostros, a partir de comparaciones entre las características (features) principales extraídas de un conjunto de datos de personas (10). En este trabajo, el método utilizado para reconocimiento está basado en filtros tipo Haar junto con el clasificador en cascada (11,12) como se muestra en la Figura 1.

Las características finales son obtenidas mediante el método PCA - Análisis de componentes principales (13), ya que, los datos en altas dimensiones se pueden describir mediante variables correlacionadas y, por lo tanto, reducir la dimensionalidad para que el proceso de reconocimiento y clasificación sea mucho más rápido.

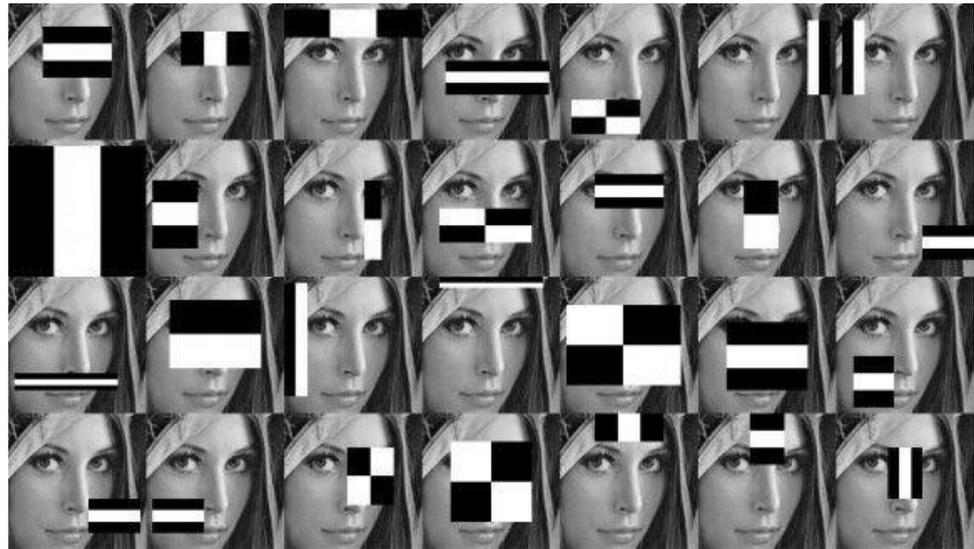


Figura 1

Filtros Haar usados para detectar características asociadas a los rostros.

Por tanto, el sistema permitirá, en primer lugar, detectar con precisión los rostros presentes en la escena y, en segundo lugar, identificar y clasificar correctamente el rostro de acuerdo a los datos de los usuarios previamente registrados en una base de datos local.

1.3. Redes Neuronales

Artificiales y Entrenamiento

Las redes neuronales artificiales tienen su base en el Perceptrón simple (14), el cual imita el comportamiento de una neurona biológica. Estas neuronas se encuentran organizadas en capas, donde cada una de ellas procesa la información recibida de la capa anterior, obteniendo una salida que irá a la capa siguiente. Todas las redes neuronales tendrán tres tipos de capas: una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida como se observa en la Figura 2 (7).

Capa de entrada: recibe los datos de entrada. La cantidad de neuronas depende de la dimensión de los datos que se pretendan procesar. En el caso del procesamiento de imágenes, existe una neurona de entrada por cada píxel de la imagen de entrada (tras haberse normalizado los píxeles a valores numéricos).

Capas ocultas: capas que se encuentran entre la capa de entrada y la capa de salida. Estas capas se ocupan de la detección de patrones, que permitirá al modelo clasificar las entradas recibidas.

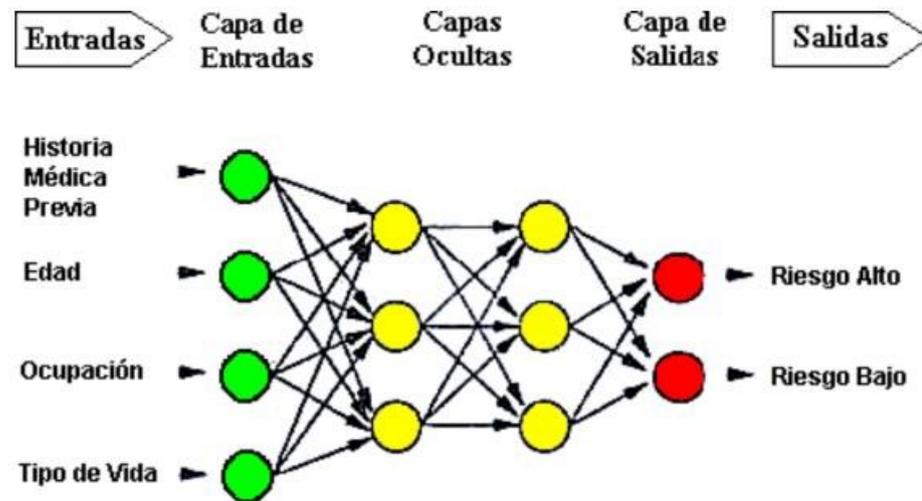


Figura 2

Estructura general de una red neuronal artificial.

Capa de salida: capa final de la red, que proporciona el valor o valores de salida después de entrenar la red neuronal.

El entrenamiento permite enseñar a una red neuronal a realizar una tarea específica. Esta puede ser una regresión logística o una clasificación, mediante datos etiquetados o sin etiquetar. El proceso de entrenamiento es iterativo y busca ajustar los valores de los pesos que reduzcan el error producido en la salida. Generalmente, el algoritmo de descenso de gradiente es usado para minimizar el error usando una retropropagación (15). Una vez que finaliza el entrenamiento, los pesos de las neuronas quedan ajustados y el sistema es capaz de realizar predicciones con nuevos datos. Actualmente, las redes convolucionales (CNN) (16), han tenido una gran eficacia en la clasificación de objetos dentro de una imagen. Esta es una arquitectura de Deep learning, que se basa en el funcionamiento de la corteza visual cerebral. Este tipo de redes, se diferencian de las demás por el hecho de que cada una de las neuronas de las capas que la componen no recibe conexiones entrantes de todas las neuronas de la capa anterior, sino sólo de algunas de ellas. El algoritmo de detección se divide en dos etapas, la extracción de características a partir de la imagen y la posterior evaluación de clasificación de acuerdo a un espacio de probabilidades. Esto se muestra en la Figura 3 (17).

Materiales y Conexiones

Los materiales usados en este trabajo son:

Tarjeta embebida Raspberry PI.

Cámara Noir

Repetidor de señal y tarjeta micro SD

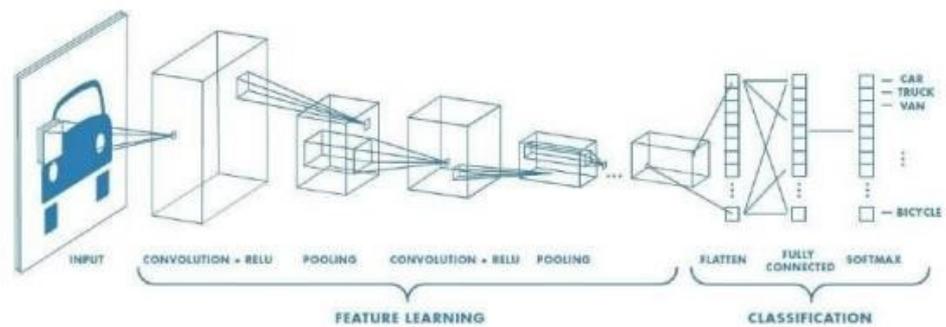


Figura 3

Estructura general de una red convolucional.

Batería Modem

Cable ethernet

Cargador USB tipo C. Las conexiones en la Raspberry PI que se deben realizar en la tarjeta se muestra en la Figura 4 y son:

Entre la tarjeta embebida y el cable plano desde la pantalla.

El SDA y el SCL a los pines SDA y SCL de la tarjeta.

El cable plano de la cámara a la tarjeta. Los pines de la pantalla, VCC y GND de la tarjeta con los voltajes requeridos.



Figura 4

Conexión de la tarjeta Raspberry para la implementación del sistema.

1.4. Diseño e Implementación

El esquema de la Figura 5 detalla el diagrama de bloques que forman el sistema de reconocimiento facial. La programación del sistema consta de 2 etapas:

La detección facial para el registro e ingreso del personal.

La detección facial para la identificación de los usuarios registrados y el almacenamiento de la fecha y hora de ingreso en un base de datos local.

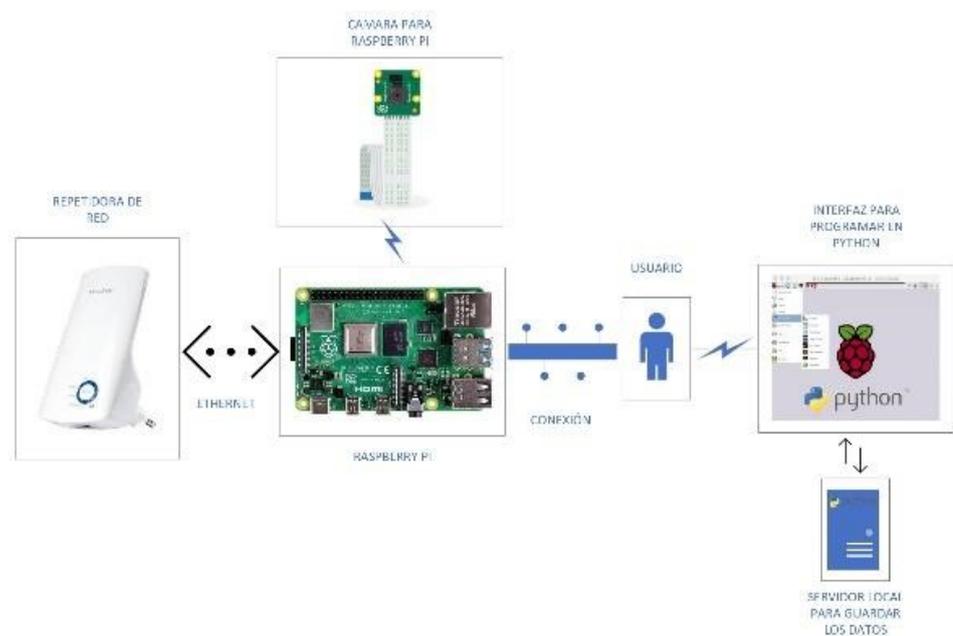


Figura 5

Esquema de conexión para captura, entrenamiento y clasificación de rostros.

El algoritmo de OpenCV (9) usado para la detección de rostros en cada imagen es:
`CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')`

Este algoritmo tiene un método multi escala para detectar rostros de distintos tamaños en una misma imagen:

`detectMultiScale()`

El modelo de Machine Learning usado para la clasificación de rostros es:

`LBPHFaceRecognizer_create()`

1.5. Resultados

El reconocimiento facial múltiple con el algoritmo propuesto se muestra en la Figura 6.

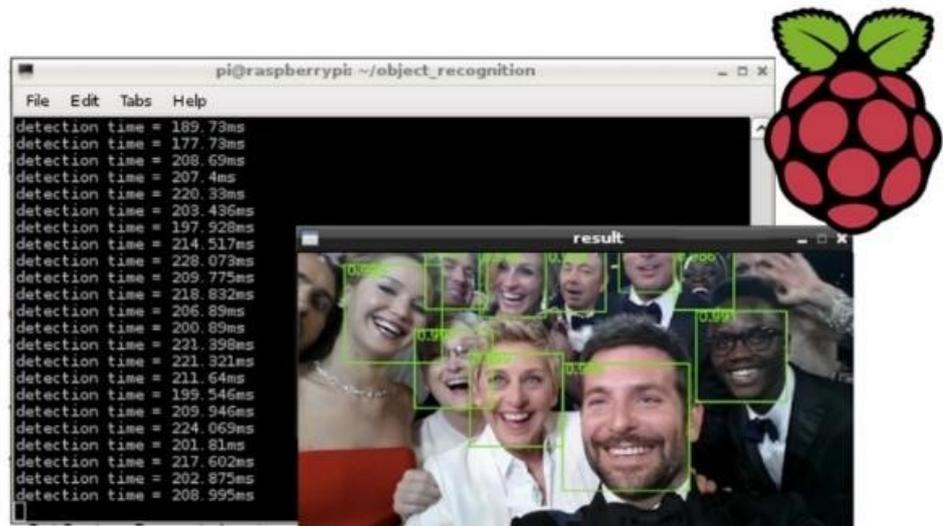


Figura 6

Detección de rostros usando la tarjeta Raspberry Pi.

La identificación y clasificación del rostro de acuerdo al usuario se muestra en la Figura 7.

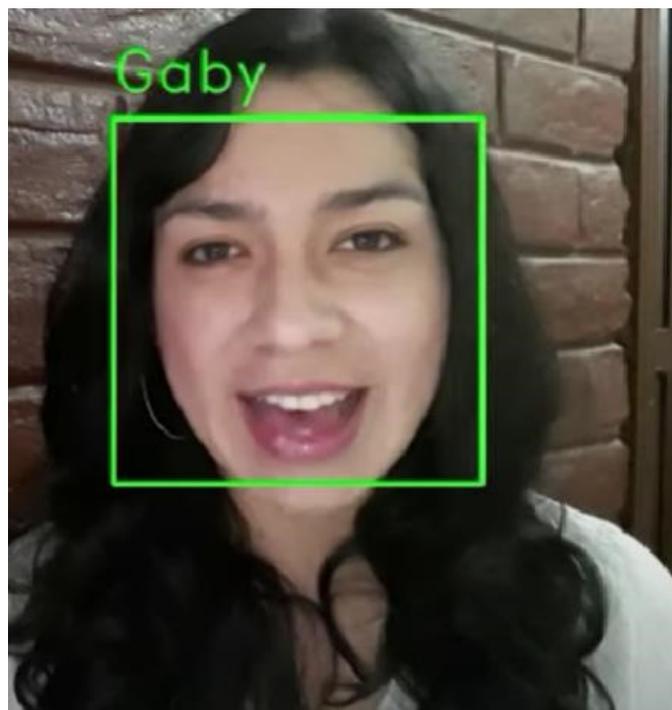


Figura 7

Detección y reconocimiento de rostros de acuerdo a los usuarios registrados en el sistema de asistencia.



El sistema para registro de asistencia se muestra en la Figura 8.

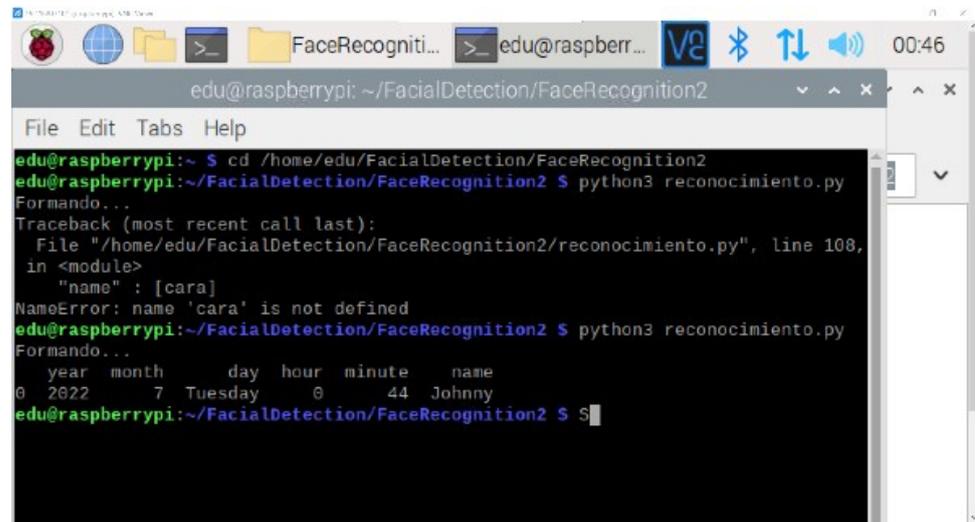


Figura 8

Sistema para registro de asistencia en una empresa.

Finalmente, el algoritmo de Machine Learning para clasificación ha sido evaluado en base a la matriz de confusión (18), con los usuarios almacenados en un determinado momento. Estos resultados se muestran en la Figura 9.

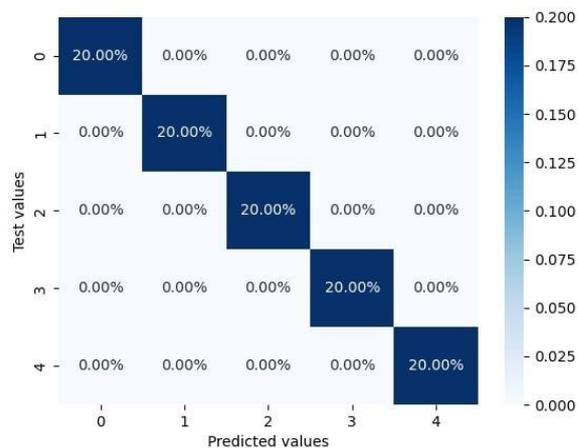


Figura 9

Matriz de confusión para la evaluación del rendimiento del modelo de Machine Learning.

2. Conclusiones

Este proceso puede mejorar el tiempo, así como optimizar el registro de asistencia en las empresas.



Tanto el aprendizaje de las técnicas de Machine Learning, como el diseño y preparación del entorno ha tomado su tiempo, ya que, se requiere verificar la compatibilidad de las librerías con el sistema operativo para empezar con la programación.

Los filtros tipo Haar junto con la detección multiescala permiten identificar con una alta precisión los rostros que se encuentran en las imágenes.

El modelo usado para la identificación y clasificación de usuarios permite tener una precisión del 100% para cada usuario registrado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el sistema requiere ambientes controlados de luminosidad para no afectar la calidad de las imágenes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH por las facilidades para el desarrollo del presente trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en el trabajo propuesto.

References

- [1] Soto G. Calidad de los suelos: una nueva visión del suelo. I Congreso Latinoamericano de Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica. 2006.
- [2] Martin N, Adad I. Generalidades más importantes de las ciencias del suelo. Disciplina Ciencias del Suelo. Vol. 1. Universidad Agraria de La Habana; 2006. 504 p.
- [3] Atlas R, Bartha R. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 4.^a ed. Biología y Ciencias de la Salud; 2002.
- [4] B?o QL. Budhu soil mechanics foundations 3rd txtbk. 2007 [citado 26 de enero de 2023]; Disponible en: https://www.academia.edu/26522043/Budhu_soil_mechanics_foundations_3rd_txtbk
- [5] Porta J, López M, Roquero M. Edafología?: para la agricultura y el medio ambiente. P839e 7352 c1 [Internet]. 1994 [citado 7 de enero de 2023]; Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/14463>
- [6] Nannipieri P, Ascher J, Ceccherini MT, Landi L, Pietramellara G, Renella G. Microbial diversity and soil functions. European Journal of Soil Science



- [Internet]. 2017 [citado 26 de enero de 2023];68(1):12-26. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.4_12398
- [7] Huerta Lwanga E, Rodríguez-Olán J, Evia-Castillo I, Montejo-Meneses E, Cruz-Mondragón M de la, García-Hernández R. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana* [Internet]. 2008 [citado 26 de enero de 2023];26(2):171-181. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792008000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [8] Adriaanse A. Environmental policy performance indicators: A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands. S.D.U. Uitgeverij; 1993. 175 p.
- [9] Dexter A. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*. 1 de junio de 2004;120:201-214.
- [10] Vascos E. Euskomedia. Kultura Topagunea [Internet]. 2013 [citado 26 de enero de 2023]. Disponible en: <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/va>
- [11] Acevedo E, Carrasco MA, León O, Martínez E, Silva P, Castillo G, et al. Criterio de calidad de suelo de agrícola. 2005;
- [12] SQI-Soil Quality Institute. Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA. 1996.
- [13] Doran JW, Parkin TB. Defining and assessing soil quality. En: *Defining soil quality for a sustainable environment* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 1994 [citado 27 de enero de 2023]. p. 1-21. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- [14] Cruz AB, Barra JE, Castillo RF del, Gutiérrez C. La calidad del suelo y sus indicadores: Ecosistemas [Internet]. 2004 [citado 24 de diciembre de 2022];13(2). Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- [15] Larson WE, Pierce FJ. Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation for sustainable land management in the developing world?: proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai, Thailand, 15-21 September 1991 [Internet]. 1991 [citado 27 de enero de 2023]; Disponible en: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Conservation+and+enhancement+of+soil+quality&author=Larson%2C+W.E.&publication_year=1991



- [16] Rodríguez N, Florentino A, Torres D, Yendis H, Zamora F. Selección de indicadores de calidad de suelo en tres tipos de uso de la tierra en la planicie de Coro estado Falcón. *Revista de la Facultad de Agronomía* [Internet]. septiembre de 2009 [citado 27 de enero de 2023];26(3):340-361. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182009000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [17] Plan Ceibal. Porosidad del suelo | El agua en la huerta [Internet]. [citado 27 de enero de 2023]. Disponible en: https://rea.ceibal.edu.uy/elp/el-agua-en-la-huerta/porosidad_del_suelo.html
- [18] J Dumanski, S Gameda, Pieri C. Agriculture and Agri Food. Indicators of land quality and sustainable land management: An annotated bibliography [Internet]. World Bank. 1998 [citado 26 de enero de 2023]. Disponible en: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/487661468739557843/Indicators-of-land-quality-and-sustainable-land-management-an-annotated-bibliography>
- [19] Arias NMM, Rangel M del CN, López ICP, Sánchez EC, Cruz JM de la. El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* [Internet]. 2018 [citado 27 de enero de 2023];25(3). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/104/10455646009/html/>
- [20] Blagodatskaya E, Dungait J a. J, Schmidt O, Nannipieri, P. et al., 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*. 2017;54:655–670. *European Journal of Soil Science* [Internet]. 2017 [citado 26 de enero de 2023];68(1):6-11. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.3_12398
- [21] Cantú MP, Becker A, Bedano JC, Schiavo HF. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo* [Internet]. diciembre de 2007 [citado 27 de enero de 2023];25(2):173-178. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-20672007000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [22] García Y, Ramírez W, Sánchez S. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes* [Internet]. junio de 2012 [citado 27 de enero de 2023];35(2):125-138. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [23] Calderón-Medina CL, Bautista-Mantilla GP, Rojas-González S, Calderón-Medina CL, Bautista-Mantilla GP, Rojas-González S. Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes



- ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA* [Internet]. diciembre de 2018 [citado 27 de enero de 2023];22(2):141-157. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-37092018000200141&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [24] Putten WH van der, Mudgal S, Turbé A, Toni A de, Lavelle P, Benito P, et al. Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. 2010 [citado 26 de enero de 2023]; Disponible en: <https://research.wur.nl/en/publications/soil-biodiversity-functions-threats-and-tools-for-policy-makers>
- [25] Budhu M. Soil mechanics and foundations, 2nd Ed(With CD). Wiley India Pvt. Limited; 2008. 670 p.
- [26] Calderón MA, Moreno MM, Barra JE. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* [Internet]. 2002 [citado 26 de enero de 2023];36(5):605-620. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236511>
- [27] Brady NC. The nature and properties of soils. Macmillan; 1990. 622 p.
- [28] Arnold R. Global soil change?: Report of an International Institute for Applied System Analysis, International Society of Soil Science, United Nations. Environmental Programme: task force on the role of soil in global change. International Society of Soil Science, UNEP. Austria: UNEP; 1990 p. 110.
- [29] Estrada-Herrera IR, Hidalgo-Moreno C, Guzmán-Plazola R, Almaraz Suárez JJ, Navarro-Garza H, Etchevers-Barra JD, et al. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia* [Internet]. diciembre de 2017 [citado 27 de enero de 2023];51(8):813-831. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-319520170008000813&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [30] Segueda AN, Correa GV, Blanco JL. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. 2011.
- [31] Vallejo-Quintero VE. Importancia Y Utilidad De La Evaluación De La Calidad De Suelos Mediante El Componente Microbiano: Experiencias En Sistemas Silvopastoriles. *Colombia Forestal* [Internet]. junio de 2013 [citado 27 de enero de 2023];16(1):83-99. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-073920130001000006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [32] Brunett L, González-Esquivel C, Hernández G. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Res Rural Developm.* 1 de enero de 2005;17.