

Cristian David Dávila García Universidad Eafit Colombia cddavilagafit.edu.co	Andrés Rodríguez Barrientos Universidad Eafit Colombia arodrigue2@eafit.edu.co	Miguel Correa Universidad Eafit Colombia macorream@eafit.edu.co	Mauricio Toro Universidad Eafit Colombia mtorobe@eafit.edu.co
---	---	--	--

**Para cada versión de este informe: 1. Detalle todo el texto en rojo. 2. Ajustar los espacios entre las palabras y los párrafos. 3. Cambiar el color de todos los textos a negro.**

**Texto rojo = Comentarios**

**Texto negro = Contribución de Miguel y Mauricio**

**Texto en verde = Completar para el 1er entregable**

**Texto en azul = Completar para el 2º entregable**

**Texto en violeta = Completar para el tercer entregable**

## RESUMEN

A través del tiempo, la sociedad se ha desarrollado a un nivel en el que podemos y queremos hacer predicciones de nuestros resultados a lo largo de nuestra vida. Es por esto que hemos decidido comprobar cual será el nivel de éxito en las pruebas Saber Pro, teniendo en cuenta los resultados obtenidos de investigaciones en torno a los estudiantes que presentaron las pruebas Saber 11. Además, este problema nos ayuda a analizar si nuestros hábitos de vida son favorables para sacar buenos resultados en las pruebas Saber Pro. También, hablaremos de otros problemas más adelante.

*¿Cuál es el algoritmo propuesto? ¿Qué resultados obtuvieron? ¿Cuáles son las conclusiones de este trabajo? El resumen debe tener como máximo 200 palabras. (En este semestre, usted debe resumir aquí los tiempos de ejecución, el consumo de memoria, la exactitud, la precisión y la sensibilidad)*

## Palabras clave

Árboles de decisión, aprendizaje automático, éxito académico, predicción de los resultados de los exámenes

## 1. INTRODUCCIÓN

Un día sentado en clase de lógica, hablando con mis compañeros, nos dimos cuenta que debíamos presentar unas pruebas finalizando la carrera universitaria, en ese momento nos preguntamos: “¿Me irá bien?”. Y en ese momento se creó el problema, pero ahora, tenemos los recursos para resolverlo.

Entonces, con la predicción de los exámenes, podremos saber si debemos cambiar nuestro estilo de vida para lograr nuestro objetivo.

## 1.1. Problema

Al ser estudiantes, en los momentos previos de un examen nos preguntamos si nuestros métodos de estudio nos ayudarán en los futuros resultados.

Para esto se busca un algoritmo que, tomando diferentes datos del estudiante, pueda predecir su éxito académico. Esta predicción informa al estudiante de posibles cambios que pueda hacer en su manera de estudiar

## 1.2 Solución

En este trabajo, nos centramos en los árboles de decisión porque proporcionan una gran explicabilidad (*¡falta una cita para este argumento!*). Evitamos los métodos de caja negra como las redes neuronales, las máquinas de soporte vectorial y los bosques aleatorios porque carecen de explicabilidad (*¡Falta una cita para este argumento!*).

*Explique, brevemente, su solución al problema (En este semestre, la solución es una implementación de un algoritmo de árbol de decisión para predecir el éxito académico. ¿Qué algoritmo elegiste? ¿Por qué?)*

## 1.3 Estructura del artículo

En lo que sigue, en la sección 2, presentamos el trabajo relacionado con el problema. Más adelante, en la sección 3, presentamos los conjuntos de datos y métodos utilizados en esta investigación. En la sección 4, presentamos el diseño del algoritmo. Después, en la sección 5, presentamos los resultados. Finalmente, en la sección 6, discutimos los resultados y proponemos algunas direcciones de trabajo futuras.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

A continuación, veremos unos ejemplos relacionados con el tema

### 2.1 Árboles de decisión para predecir factores asociados al desempeño académico de los estudiantes de bachillerato en las pruebas saber 11

El problema era predecir patrones asociados al desempeño académico de los estudiantes colombianos que, encontrándose finalizando el grado undécimo de educación media, presentaron las pruebas Saber 11º entre los años 2015 y 2016, a partir de la información socioeconómica, académica e institucional, almacenada en las bases de datos del ICFES, como solución se construyó un modelo de

clasificación basado en árboles de decisión, utilizando el algoritmo J48 de la herramienta WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*). Con esta herramienta, la precisión es proporcional al número de estudiantes, a mayor cantidad de estudiantes a evaluar, mayor es la precisión de la herramienta.

## 2.2 Predicción de la Deserción Académica en una Universidad Pública Chilena a través de la Clasificación basada en Árboles de Decisión con Parámetros Optimizados

El objetivo de esta investigación era predecir la deserción de los estudiantes universitarios. Para esto, utilizaron un algoritmo llamado CBAD con parámetros optimizados utilizando el software RapidMiner. La precisión lograda fue del 87.27%, por lo que se concluyó que el uso de esta técnica optimizada, funcionó mejor que otras investigaciones.

## 2.3 Predicción del rendimiento académico aplicando técnicas de minería de datos

El objetivo de esta investigación es predecir si los estudiantes de la UNALM en los semestres 2013 II y 2014 I van a tener una calificación final de aprobado o reprobado, esto, utilizando distintos métodos, tales como: Técnicas de minería de datos de regresión logística, árboles de decisión, redes bayesianas y redes neuronales. Especialmente enfocados en la minería de datos. El método utilizado fue la matriz de confusión para comparar y evaluar la precisión de los clasificadores. Los resultados arrojaron un 71% de tasa de buena calificación

## 2.4 PREDICTING STUDENTS' PERFORMANCE USING ID3 AND C4.5 CLASSIFICATION ALGORITHMS

Se necesita tener el conocimiento previo de los estudiantes matriculados en una institución educativa para predecir su desempeño en futuras experiencias académicas. Los algoritmos usados fueron el ID3 y el C4.5, para un total de 182 estudiantes, el porcentaje promedio de precisión logrado en masa y Evaluaciones singulares es de aproximadamente 75.275%

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se explica cómo se recopiló y procesó los datos y, después, cómo se consideraron diferentes alternativas de solución para elegir un algoritmo de árbol de decisión.

### 3.1 Recopilación y procesamiento de datos

Obtuvimos datos del *Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior* (ICFES), que están disponibles en línea en <ftp.icfes.gov.co>. Estos datos incluyen resultados anonimizados de Saber 11 y Saber Pro. Se obtuvieron los resultados de Saber 11 de todos los graduados de escuelas secundarias colombianas, de 2008 a 2014, y los resultados de Saber Pro de todos los graduados de pregrados colombianos, de 2012 a 2018. Hubo 864.000 registros para Saber 11 y 430.000 para Saber Pro. Tanto Saber 11 como Saber Pro, incluyeron, no sólo las puntuaciones sino también datos socioeconómicos de los estudiantes, recogidos por el ICFES, antes de la prueba.

En el siguiente paso, ambos conjuntos de datos se fusionaron usando el identificador único asignado a cada estudiante. Por lo tanto, se creó un nuevo conjunto de datos que incluía a los estudiantes que hicieron ambos exámenes estandarizados. El tamaño de este nuevo conjunto de datos es de 212.010 estudiantes. Después, la variable predictora binaria se definió de la siguiente manera: ¿El puntaje del estudiante en el Saber Pro es mayor que el promedio nacional del período en que presentó el examen?

Se descubrió que los conjuntos de datos no estaban equilibrados. Había 95.741 estudiantes por encima de la media y 101.332 por debajo de la media. Realizamos un submuestreo para equilibrar el conjunto de datos en una proporción de 50%-50%. Después del submuestreo, el conjunto final de datos tenía 191.412 estudiantes.

Por último, para analizar la eficiencia y las tasas de aprendizaje de nuestra implementación, creamos al azar subconjuntos del conjunto de datos principal, como se muestra en la Tabla 1. Cada conjunto de datos se dividió en un 70% para entrenamiento y un 30% para validación. Los conjuntos de datos están disponibles en <https://github.com/mauriciotoro/ST0245-EaFit/tree/master/proyecto/datasets>.

	Conjunto de datos 1	Conjunto de datos 2	Conjunto de datos 3	Conjunto de datos 4	Conjunto de datos 5
Entrenamiento	15,000	45,000	75,000	105,000	135,000
Validación	5,000	15,000	25,000	35,000	45,000

**Tabla 1.** Número de estudiantes en cada conjunto de datos utilizados para el entrenamiento y la validación.

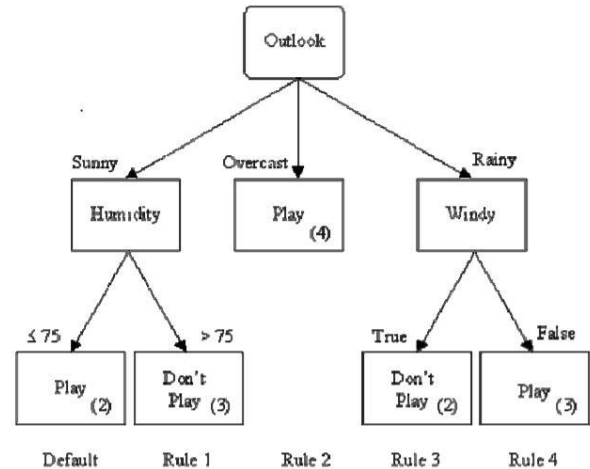
### 3.2 Alternativas de algoritmos de árbol de decisión

Los árboles de decisión nos permiten resolver problemas de regresión o clasificación.

Los problemas de clasificación son todos aquellos en los que tenemos varios tipos de objetos y debemos separarlos o individualizarlos.

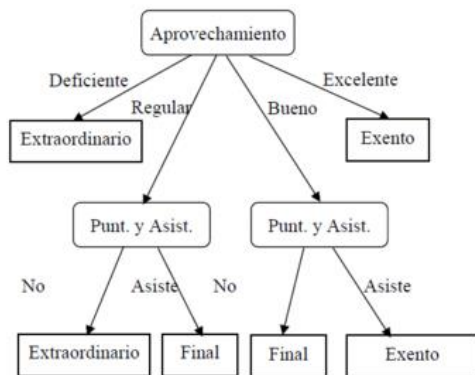
Los problemas de regresión se dan en su mayoría en el machine learning y la estadística, su mayor uso es para obtener relaciones entre 2 variables y escoger la mejor si es necesario.

A continuación, hablaremos de unos tipos de algoritmos utilizados para resolver estos problemas.



#### 3.2.1 ID3

“Para construir el árbol, el algoritmo utiliza el análisis de la entropía, la teoría de la información (basada en la entropía) y la ganancia de información.” (IBM, s.f.)

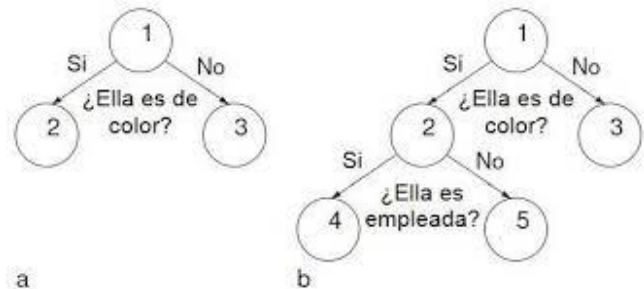


#### 3.2.2 C4.5

El algoritmo C4.5 genera un árbol de decisión partiendo de divisiones ejecutadas recursivamente. Se realiza con el método de profundidad-primero (depth-first). Realiza diferentes pruebas posibles y selecciona la que al final le genere mayor ganancia al obtener información. Para cada atributo se realiza una prueba binaria realizando un número de pruebas igual al número de valores que puede tomar.

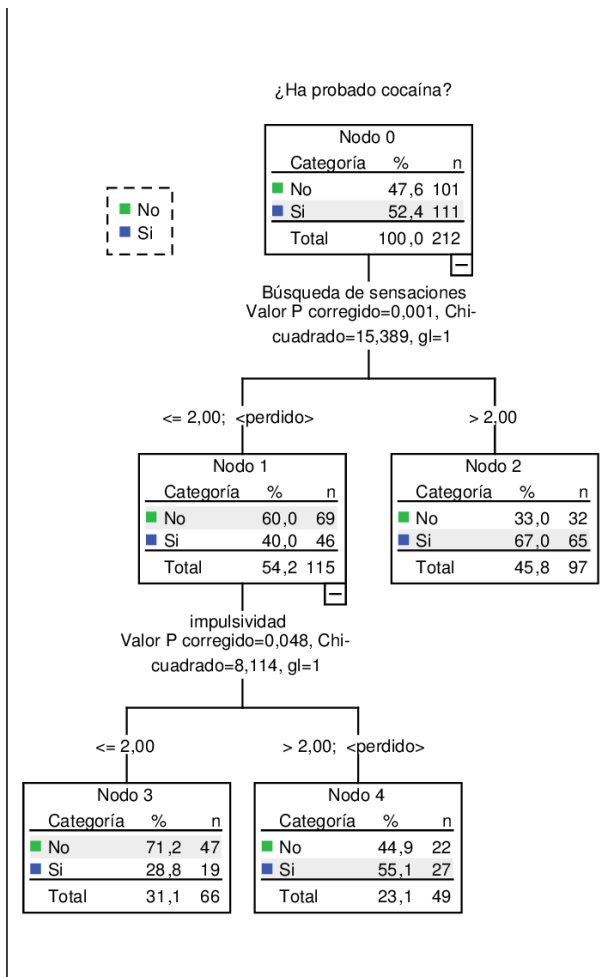
#### 3.2.3 CART

El método CART está basado en la impureza de Gini, funciona así: Comenzando por el nodo Principal se subdivide en 2 nodos hijos, se mide la impureza de estos resultados y el nodo hijo que tenga resultados más puros, será utilizado para continuar el árbol.



#### 3.2.4 CHAID

Como mencionábamos antes, éste es un método de clasificación o selección que crea arboles mediante chi-cuadrado para encontrar divisiones o selecciones óptimas para el árbol. Tiene un nivel de dificultad bajo.



## 4. DISEÑO DE LOS ALGORITMOS

En lo que sigue, explicamos la estructura de los datos y los algoritmos utilizados en este trabajo. La implementación del algoritmo y la estructura de datos se encuentra disponible en Github<sup>1</sup>.

### 4.1 Estructura de los datos

Explique la estructura de datos utilizada para hacer la predicción y haga una figura que la explique. No utilice imágenes de Internet. (En este semestre, la estructura de datos es un árbol de decisión binario)



**Figura 1:** Un árbol de decisión binario para predecir Saber Pro basado en los resultados de Saber 11. Los nodos violetas representan a aquellos con una alta probabilidad de éxito, los verdes con una probabilidad media y los rojos con una baja probabilidad de éxito.

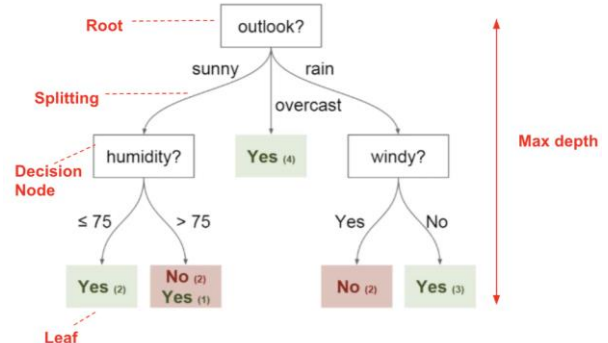
### 4.2 Algoritmos

Explica el diseño del algoritmo para resolver el problema y haz una figura. No uses figuras de Internet, haz las tuyas propias. (En este semestre, un algoritmo debe ser un algoritmo para entrenar un algoritmo de árbol de decisión como ID3, C4.5, CART y el segundo algoritmo debe ser un algoritmo para clasificar los nuevos datos utilizando dicho árbol).

#### 4.2.1 Entrenamiento del modelo

Explique, brevemente, cómo entrenó a la modelo: Esto equivale a explicar cómo su algoritmo construye automáticamente un árbol de decisión binario.

**Decision Tree Diagram**



**Figura 2:** Entrenamiento de un árbol de decisión binario usando (En este semestre, uno podría ser CART, ID3, C4.5... por favor, elija). En este ejemplo, mostramos un modelo para predecir si se debe jugar al golf o no, según el clima.

<sup>1</sup>[http://www.github.com/ ???????? /proyecto/](http://www.github.com/?????????/proyecto/)

#### 4.2.2 Algoritmo de prueba

Explique, brevemente, cómo probó el modelo: Esto equivale a explicar cómo su algoritmo clasifica los nuevos datos después de que se construya el árbol.

#### 4.3 Análisis de la complejidad de los algoritmos

Explique en sus propias palabras el análisis para el peor caso usando la notación  $O$ . ¿Cómo calculó tales complejidades.

Algoritmo	La complejidad del tiempo
Entrenar el árbol de decisión	$O(N^2 * M^2)$
Validar el árbol de decisión	$O(N^3 * M * 2N)$

**Tabla 2:** Complejidad temporal de los algoritmos de entrenamiento y prueba. (Por favor, explique qué significan  $N$  y  $M$  en este problema.)

Algoritmo	Complejidad de memoria
Entrenar el árbol de decisión	$O(N * M * 2N)$
Validar el árbol de decisión	$O(1)$

**Tabla 3:** Complejidad de memoria de los algoritmos de entrenamiento y prueba. (Por favor, explique qué significan  $N$  y  $M$  en este problema.)

#### 4.4 Criterios de diseño del algoritmo

Explica por qué el algoritmo fue diseñado de esa manera. Use un criterio objetivo. Los criterios objetivos se basan en la eficiencia, que se mide en términos de tiempo y consumo de memoria. Ejemplos de criterios no objetivos son: "Estaba enfermo", "fue la primera estructura de datos que encontré en Internet", "lo hice el último día antes del plazo", etc. Recuerde: Este es el 40% de la calificación del proyecto.

### 5. RESULTADOS

#### 5.1 Evaluación del modelo

En esta sección, presentamos algunas métricas para evaluar el modelo. La precisión es la relación entre el número de predicciones correctas y el número total de datos de entrada. Precisión. es la proporción de estudiantes exitosos identificados correctamente por el modelo y estudiantes exitosos identificados por el modelo. Por último, Sensibilidad es la proporción de estudiantes exitosos identificados correctamente por el modelo y estudiantes exitosos en el conjunto de datos.

##### 5.1.1 Evaluación del modelo en entrenamiento

A continuación presentamos las métricas de evaluación de los conjuntos de datos de entrenamiento en la Tabla 3.

	Conjunto de datos 1	Conjunto de datos 2	...Conjunto de datos $n$
Exactitud	0.7	0.75	0.9
Precisión	0.7	0.75	0.9
Sensibilidad	0.7	0.75	0.9

**Tabla 3.** Evaluación del modelo con los conjuntos de datos de entrenamiento.

##### 5.1.2 Evaluación de los conjuntos de datos de validación

A continuación presentamos las métricas de evaluación para los conjuntos de datos de validación en la Tabla 4.

	Conjunto de datos 1	Conjunto de datos 2	...Conjunto de datos $n$
Exactitud	0.5	0.55	0.7
Precisión	0.5	0.55	0.7
Sensibilidad	0.5	0.55	0.8

**Tabla 4.** Evaluación del modelo con los conjuntos de datos de validación.

#### 5.2 Tiempos de ejecución

Calcular el tiempo de ejecución de cada conjunto de datos en Github. Medir el tiempo de ejecución 100 veces, para cada conjunto de datos, e informar del tiempo medio de ejecución para cada conjunto de datos.

	Conjunto de datos 1	Conjunto de datos 2	...Conjunto de datos $n$
Tiempo de entrenamiento	10.2 s	20.4 s	5.1 s
Tiempo de validación	1.1 s	1.3 s	3.3 s

**Tabla 5:** Tiempo de ejecución del algoritmo (Por favor, escriba el nombre del algoritmo, C4.5, ID3) para diferentes conjuntos de datos.

#### 5.3 Consumo de memoria

Presentamos el consumo de memoria del árbol de decisión binario, para diferentes conjuntos de datos, en la Tabla 6.

	<i>Conjunto de datos 1</i>	<i>Conjunto de datos 2</i>	<i>...Conjunto de datos n</i>
Consumo de memoria	10 MB	20 MB	5 MB

**Tabla 6:** Consumo de memoria del árbol de decisión binario para diferentes conjuntos de datos.

Para medir el consumo de memoria, debería usar un generador de perfiles (*profiler*). Uno muy bueno para Java es VisualVM, desarrollado por Oracle, <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/visualvm/profiler.html>. Para Python, use C-profiler.

## 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Explique los resultados obtenidos. ¿Son la precisión, exactitud y sensibilidad apropiadas para este problema? ¿El modelo está sobreajustado? ¿Es el consumo de memoria y el consumo de tiempo sib apropiados? (*En este semestre, de acuerdo con los resultados, ¿se puede aplicar esto para dar becas o para ayudar a los estudiantes con baja probabilidad de éxito? ¿Para qué es mejor?*)

### 6.1 Trabajos futuros

Respuesta, ¿qué le gustaría mejorar en el futuro? ¿Cómo le gustaría mejorar su algoritmo y su implementación? ¿Qué hay de usar un bosque aleatorio?

### AGRADECIMIENTOS

Identifique el tipo de agradecimiento que quiere escribir: Para una persona o para una institución. Considere las siguientes pautas: 1. El nombre del profesor no se menciona porque es un autor. 2. No debe mencionar sitios web de autores de artículos que no haya contactado. 3. Debe mencionar estudiantes y profesores de otros cursos que le hayan ayudado.

Como ejemplo: Esta investigación fue apoyada parcialmente por [Nombre de la Fundación, Donante].

Agradecemos la asistencia con [técnica particular, metodología] a [nombre apellido, cargo, nombre de la institución] por los comentarios que mejoraron enormemente el manuscrito.

### REFERENCIAS

La referencias se hacen con el formato de referencias de la ACM. Lea las directrices de ACM en <http://bit.ly/2pZnE5g>

A modo de ejemplo, consideremos estas dos referencias:

- 1.Adobe Acrobat Reader 7, Asegúrate de que el texto de las secciones de referencia es está alíneado a la derecha y no justificado. <http://www.adobe.com/products/acrobat/>.
2. Fischer, G. y Nakakoji, K. Amplificando la creatividad de los diseñadores con entornos de diseño orientados al dominio. en Dartnall, T. ed. Artificial Intelligence and