



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Importancia del mejoramiento genético del cultivo  
de café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador”

**AUTOR:**

Bryan Ismael Sotomayor Coello

**TUTOR:**

Ing. Agr. Xavier Alberto Gutiérrez Mora, MAE

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2021

## RESUMEN

*Coffea arabica* L es un grano que se cultiva en 56 países de Asia, África y América, es un cultivo muy importante a nivel internacional y nacional debido a su gran aporte económico para las personas generando fuentes de ingresos, así como también, por el amplio rango de adaptación de las condiciones ecológicas.

El objetivo del presente trabajo final, correspondiente al componente práctico del Examen Complexivo, Se realizó con la finalidad de determinar la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador. En la actualidad solo tres especies de las 130 que existen del género *Coffea* se cultivan comercialmente como son *Coffea arabica* L, *Coffea Canephora* y *Coffea liberica* Bull .EL mejoramiento genético del cultivo de café en estas últimas décadas, ha tomado importancia en el mundo debido a los grandes beneficios que brinda al utilizar esta técnica en el cual aumenta la productividad y a su vez genera mayores ingresos económicos a las personas que se dedican a este tipo de cultivo. En Ecuador se han realizado investigaciones de mejoramiento de clones del género *Coffea canephora* pero la información es escasa, y de las características químicas existen muy pocos estudios.

Queda demostrado que la utilización del uso de esta técnica, brinda muchos beneficios para los pequeños y grandes productores, y es necesario conocer los métodos de mejoramiento para obtener buenos resultados. Se debe tener en cuenta la planificación, dedicación y una buena distribución del tiempo, teniendo en cuenta que en estos puntos esenciales se obtendrá la selección de los mejores individuos con las características genéticamente mejoradas, Es importante recalcar que el uso del mejoramiento genético del cultivo de café es una alternativa aplicada por los científicos para obtener nuevas variedades, para que los caficultores generen mayores ingresos económicos y así puedan mejorar su estilo y calidad de vida.

**Palabras claves:** Mejoramiento genético, productividad, condiciones ecológicas, adaptación.

## SUMMARY

*Coffea arabica* L., is a crop that is grown in 56 countries in Asia, Africa, and America, it is very important internationally and nationally due to its great economic contribution to people, generating sources of income, as well as, due to the wide range of adaptation of ecological conditions.

The objective of this final work, corresponding to the practical component of the Complexive Examination. It was carried out to determine the importance of genetic improvement of coffee (*Coffea arabica* L.) in Ecuador. At present, only three species of the 130 that exist of the genus *Coffea* are cultivated commercially, such as: *Coffea arabica* L., *Coffea Canephora* and *Coffea liberica* Bull. The genetic improvement of coffee cultivation in recent decades, has become important in the world due to the great benefits it offers when using this technique in which it increases productivity and in turn generates greater economic income to the people who dedicate themselves to this type of crop. In Ecuador, research has been carried out to improve clones of the genus *Coffea canephora*, but the information is limited and there are very few studies on the chemical characteristics

It has been demonstrated that the use of this technique provides many benefits for small and large producers, and it is necessary to know the improvement methods to obtain good results. Planning, dedication, and a good distribution of time must be considered, that in these essential points the selection of the best individuals with genetically improved characteristics will result. It is important to emphasize that the use of genetic improvement of coffee crop is an alternative applied by scientists to obtain new varieties, so that coffee growers generate greater economic income and thus can improve their style and quality of life.

**Keywords:** Genetic improvement, Productivity, ecological, conditions, adaption.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Definición del tema de caso de estudio. ....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Planteamiento del problema. ....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Objetivo General. ....</b>	<b>4</b>
<b>2.5. Objetivos Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>2.6. Fundamentación teórica.....</b>	<b>4</b>
<b>2.6.1. La importancia del cultivo del café en el Ecuador .....</b>	<b>4</b>
<b>2.6.2. Importancia del café robusta en el Ecuador .....</b>	<b>5</b>
<b>2.6.3. Importancia del café arábigo en el Ecuador. ....</b>	<b>6</b>
<b>2.6.4. Inicio del mejoramiento genético en el cultivo de café.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.5. Estudio realizado de programa de mejoramiento del café en el Ecuador .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.6. Importancia del mejoramiento genético del cultivo del café ....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.7. Técnicas que se utilizan en la ingeniería genética para el mejoramiento genético del café. ....</b>	<b>10</b>
<b>Métodos físicos directos de introducción de genes de interés en el genoma.....</b>	<b>11</b>
<b>Métodos biológicos indirectos de transformación genética .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.8. Producción del cultivo del café en el mundo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.9. Problemática de la producción del café en el Ecuador.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7. Hipótesis.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8. Metodología de la investigación. ....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>17</b>
<b>3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>

<b>3.1. Desarrollo del caso.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Situaciones detectadas. ....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Soluciones planteadas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Conclusiones. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.5. Recomendaciones. ....</b>	<b>19</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>20</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) de la familia *Rubiaceae*, género *Coffea*, se cultiva en 56 países de Asia, África y América, es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial ya que genera un gran aporte económico a las personas así como también debido al amplio rango de adaptación a las condiciones ecológicas. Existen más de 130 especies del género *Coffea* pero solo tres son cultivadas comercialmente como son *Coffea arabica* L, *Coffea Canephora* y *Coffea liberica* Bull.

El Cultivo del café en el Ecuador está distribuido en 23 provincias del país, en la cual existen las especies como *Coffea arabica* L, que recibe el nombre como café arábigo y esta especie es considerada como de mejor calidad. También existe la especie *Coffea canephora*, llamada también como café robusta.(Méndez *et al.* 2014).

El cultivo del café tiene, gran importancia económica en el país ya que cuenta con 199 215 hectáreas cultivadas; en la cual, el 68% de esta área corresponde a la especie *Coffea arabica* L, cuya producción se concentra en las provincias de Manabí, Loja, y en las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes, y el 32% a la especie *Coffea canephora*, se cultiva mayormente en la Amazonia.

El mejoramiento genético de estas tres especies como son *Coffea arabica* L, *Coffea canephora* y *Coffea liberica* Bull presentan limitantes, a través de programas convencionales, por su carácter perenne y diferencias de incompatibilidad. Existen características de importancia como resistencia a plagas o patógenos y rendimiento por lo que se han utilizado técnicas de ingeniería genética para solventar esta barrera. Evidenciándose avances significativos durante las últimas décadas. En Ecuador se realizó una investigación de mejoramiento de clones del género *Coffea canephora* pero la información es escasa y de las características químicas existen muy pocos estudios.

Considerando lo anteriormente mencionado, es conveniente conocer la importancia de una mejora de la genética del café (*Coffea arabica* L); por lo cual, se ha realizado esta revisión bibliográfica con la finalidad de compartir a las personas la ventaja que tiene aplicar esta técnica para así generar un gran aporte al conocimiento científico proponiendo como alternativa el uso del mejoramiento genético, el cual aumenta la productividad del café, generando así mayores ingresos a caficultores dedicados a la producción de estos cultivares a diferencia de los que no se han sometido a estas técnicas. Son muchas las ventajas que benefician utilizando estas técnicas para el mejoramiento genético del café.

# CAPÍTULO I

## 2. MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. Definición del tema de caso de estudio.

El presente documento correspondiente al trabajo práctico de la modalidad de titulación denominado Examen Complexivo tiene como finalidad determinar la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L), recopilando información acerca de las ventajas que tiene realizar un cambio en la genética del café, e identificando como es la productividad de cultivares mejorados a través del resultado de dicho mejoramiento en el Ecuador.

### 2.2. Planteamiento del problema.

El cultivo de café (*Coffea arabica* L), se lo conoce como café arábigo a cual se lo considera como de mejor café de calidad en el Ecuador. También está el café *Canephora* que se lo conoce como café robusta; por lo cual es necesario verificar qué problemas afectan la producción del café a la no realización de esta técnica como es el mejoramiento genético o a su vez el mal uso de esta.

A pesar de que los productores cafeteros ecuatorianos reconocen la calidad del café de ciertas zonas, también consideran que esta no ha alcanzado los niveles de desarrollo que muchos esperan de una actividad económica tan importante, y se ha sugerido la necesidad de determinar como alternativa el uso del mejoramiento genético, el cual aumentara la producción del cultivo de café.

### 2.3. Justificación.

Como se conoce, el cultivo de café *Coffea arabica* L es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y nacional debido a que genera un gran aporte económico a las personas pero debido a las problemáticas de la producción del cultivo de café se han utilizado técnicas de ingeniería genética para ayudar a solventar esta barrera por lo cual, se han generado avances significativos durante las últimas décadas.



Por lo antes expuesto este trabajo se planteó para demostrar los beneficios que se obtiene utilizando estas técnicas ya que son muchas las ventajas que benefician utilizando estas técnicas, como son los métodos físicos y biológicos para el mejoramiento genético del café, en el cual dará como resultado, un aumento de la productividad del cultivo de café y resistencia a plagas, enfermedades o patógenos ya que debido a esto, los caficultores tendrán como beneficio un buen ingreso económico y una mejor calidad de vida en el Ecuador.

#### **2.4. Objetivo General.**

Determinar la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador.

#### **2.5. Objetivos Específicos.**

- Recopilar información acerca de las ventajas que tiene de realizar un cambio de la genética del Café (*Coffea arabica* L)
- Identificar mediante estudios realizados cómo es la productividad del Café (*Coffea arabica* L), mejorado genéticamente.

#### **2.6. Fundamentación teórica.**

##### **2.6.1. La importancia del cultivo del café en el Ecuador**

Méndez *et al.* (2014), aseguran que:

El cultivo de café, en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas, el 68% de esta área corresponde a la especie *Coffea arabica* y el 32% a *Coffea canephora*. El cultivo de café está distribuido en 23 de las 24 provincias del país; por lo tanto, está relacionado con un amplio tejido social. *C. arábica* recibe el nombre de café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes. En cambio, *C. canephora*,

llamado café robusta, se cultiva mayormente en la Amazonía; es decir, en Sucumbíos y Orellana, Jipijapa cuenta con el 38.6 % del área sembrada y se considera que de ahí proviene el café arábigo de mejor calidad en el Ecuador.

Duicela *et al.* (2018), manifiestan que:

En lo social, a las cadenas productivas cafetaleras se integran pueblos y etnias, hombres y mujeres, en un amplio tejido social con impacto multisectorial. En lo ambiental, el café se cultiva en suelos y climas diversos, principalmente en sistemas agroforestales, contribuyendo a conservar los recursos naturales. En cuanto al café y la salud, está probado que su consumo muestra correlación inversa con el riesgo de diabetes, daño hepático y enfermedades neurodegenerativas.

Robles (2015), asegura que:

El café es uno de los principales productos comercializados a nivel mundial, el cual es cotizado en las más importantes casas de valores de países como Londres y Nueva York. Para el Ecuador, este producto también es importante pues es uno de los principales productos de exportación y parte fundamental de la balanza comercial no petrolera. El Ecuador posee una gran capacidad cafetera y es el único país que exporta todos los tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta, lo que se logra gracias a la posición geográfica del país, que permite cosechar este producto en todas las regiones y ser uno de los más cotizados a nivel mundial. El café arábigo está disponible en los meses desde marzo a octubre, mientras que el café robusta está disponible en los meses desde Junio a Octubre.

### **2.6.2. Importancia del café robusta en el Ecuador**

Duicela *et al.* (2018), manifiestan que:

El cultivo de café robusta, para los ecuatorianos, tiene importancia económica, social y ambiental; además de los beneficios sobre la salud humana. Es una fuente de divisas que genera empleo e ingresos para

los productores y otros actores de las cadenas cafetaleras. Esta especie de cultivo se cultiva en diversos sistemas agroforestales, contribuye a la conservación de la fauna y flora nativas, además de fijar CO<sub>2</sub> e intervenir en el balance hídrico.

Duicela *et al.* (2018), aseguran que:

El Cultivo de café robusta fue descubierto en África a fines del siglo XIX, creciendo de manera silvestre en Guinea y El Congo. Al Ecuador lo introdujo el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por semilla, desde el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, Costa Rica).

### **2.6.3. Importancia del café arábigo en el Ecuador.**

Córdova *et al.* (2016), afirman que:

El cafeto se cultiva en distintas regiones del mundo, debido al amplio rango de adaptación a las condiciones ecológicas, característica que mantiene particularmente la especie *Coffea arabica* L; la cual representa el 67 % del cultivo total a nivel mundial. Aunque Ecuador es un productor pequeño, su producción, comercialización, industrialización y exportación de café son relevantes en la economía, desarrollo social y preservación ambiental, ya que su cultivo se da en diversas regiones del país en un área de 193,000 hectáreas aproximadamente, con la participación de aproximadamente 105 000 familias, 70 % de las cuales son pequeños productores.

De acuerdo a Alarcó (2011),

Las principales variedades arábicas cultivadas en Ecuador son: típica, bourbón, caturra, pacas, catuaí, catimor, salchimor y cavimor, y se pueden diferenciar en dos grandes grupos, según si son de porte alto o bajo.

**Tabla 1:** Variedades y características de *Coffea arabica* L del sur de Ecuador

<b>VARIEDAD</b>	<b>PORTE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Typica	Alto	Frutos grandes, con alto rendimiento peso/volumen. Genera una bebida de alta calidad.
Bourbón	Alto	Producción más temprana y uniforme que la typica, y buen rendimiento.
Caturra	Bajo	Menor distancia de siembra que bourbón y typica y producción alta.
Pacas	Bajo	Mutación del bourbon, por encima de los 1000 msnm su producción baja aunque mantiene la calidad.
Catuaí	Bajo	Variedad resultante del cruzamiento de las variedades caturra y mundo novo. Precocidad para entrar en producción aunque poca uniformidad en la maduración.
Catimor	Bajo	Consiste en un cruce entre el híbrido timor (resistente a la Roya del café) y la variedad caturra. Altos rendimientos y buena calidad de la bebida.
Sarchimor	Bajo	Variedad que proviene del cruce del híbrido timor y el villa sarchi. Buenos rendimiento peso /volumen, Mayor incidencia de las enfermedades mancha del hierro y mal de hilachas, aunque resistente a la roya.
Cavimor	Bajo	Resultante del cruce del híbrido timor y catuaí. Altos rendimientos. Resistente a la Roya del café.

**Fuente:** (Alarcó 2011)

Alarcó (2011), aseguran que las características óptimas para el desarrollo del cultivo del café en el Ecuador son:

**Tabla 2:** Características óptimas para el desarrollo del cultivo del café en el Ecuador.

<b>CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS PARA EL DESARROLLO DE U CAFETAL</b>	
<b>ALTITUD</b>	La altitud óptima se localiza entre los 1.200 y 1.700 msnm, aunque en Ecuador se han llegado a establecer desde los 300 msnm y por encima de los 1.700 msnm con buenos rendimientos.
<b>TEMPERATURA</b>	Entre los 15 y 24°C
<b>PRECIPITACIONES</b>	El rango de precipitaciones óptimas para el cultivo del café puede variar de 1.000 a 3.000 mm.
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	En torno al 70-85%
<b>VIENTO</b>	El umbral para no producir daños físicos ni fisiológicos al cafeto es de 20 a 30 km/hora.
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Se adapta con facilidad a condiciones topográficas desfavorables, aunque los terrenos ligeramente ondulados y planos son mejores para este cultivo.
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS</b>	Propiedades Físicas: La textura adecuada para el cafetal es media o limosa, con estructura granular. La profundidad efectiva debe ser mayor de 50 cm. Propiedades químicas: El rango de pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,5. El porcentaje de materia orgánica se debe encontrar en 2-5%, y el de nitrógeno superior al 3% para el adecuado desarrollo del café. Las

	condiciones óptimas en cuanto a macronutrientes para este cultivo son de 0,2-0,7 (meq/100g) en el caso del potasio y 6-14 (ppm) en el caso del fósforo.
--	---

#### **2.6.4. Inicio del mejoramiento genético en el cultivo de café**

Villalta-Villalobos y Gatica-Arias (2019), confirman que:

El mejoramiento inició con la selección por cruces y retrocruces interespecíficos, para pasar a la selección asistida por marcadores moleculares. Posteriormente, el cultivo y fusión de protoplastos fue reportado, con el inconveniente en su proceso de regeneración.

#### **2.6.5. Estudio realizado de programa de mejoramiento del café en el Ecuador**

En cada país, los programas de mejoramiento de *C. canephora* han obtenido clones con diferencias en rendimiento y resistencia a enfermedades, en Ecuador, reportes históricos no oficiales señalan que *C. canephora* se introdujo en 1943 en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y se expandió a regiones con climas y suelos variados, desde zonas con precipitación alta, como la Amazonia ecuatoriana, hasta regiones semiáridas, en la provincia de Guayas y Santa Elena. La información acerca del rendimiento de los clones de *C. canephora* en Ecuador es escasa y, de las características químicas se encontró sólo un estudio que muestra los cambios de azúcares, oligosacáridos y su transporte durante la maduración de las semillas. La calidad de los clones seleccionados por alta producción se desconoce y, si esta es aceptable en el mercado; por lo cual es necesario evaluar las características físico-químicas de los materiales de alta producción obtenidos recientemente. El contenido de cafeína influye directamente en la calidad de la bebida, por lo que conviene

conocer su variación entre regiones y, además, debería conocerse la relación de los contenidos de azúcares entre los clones con su calidad.

#### **2.6.6. Importancia del mejoramiento genético del cultivo del café**

Todas las especies de café, a excepción de *Coffea arabica* L., *Coffea heterocalyx* L. y *Coffea anthonyi* L., son autoincompatibles y además *C. arabica* L. es la única especie no diploide. La especie arabica es un alotetraploide autofértil ( $2n=4x=44$ ), producto de la hibridación espontánea entre *Coffea canephora* Pierre (progenitor paterno) y *Coffea eugenioides* L. (progenitor materno) con un tamaño de genoma de 1300 Mpb.

#### **2.6.7. Técnicas que se utilizan en la ingeniería genética para el mejoramiento genético del café.**

Córdova *et al.* (2016), confirman que:

La ingeniería genética por medio de las técnicas físicas (electroporación y biobalística) y biológicas (*A. tumefaciens* y *A. rhizogenes*), han ayudado a superar las limitantes de regeneración, aunque los procesos de optimización aún son laboriosos, por lo que, nuevas tecnologías de edición de genomas como CRISPR-Cas9, pueden solucionar problemas de tiempo y trabajo en el laboratorio para el cultivo; cabe recalcar que el mejoramiento del café inició hace tres décadas y ha progresado principalmente desde el inicio de las tecnologías transgénicas, y con las nuevas técnicas de modificación específica de genes, el cultivo se beneficiará en los próximos años.

Villalta-Villalobos y Gatica-Arias (2019), aseguran que:

Se han utilizado tanto los métodos biológicos con el empleo de bacterias del género *Agrobacterium*, como los físicos en los que se encuentran la electroporación y biobalística, los cuales se analizarán a continuación.

## **Métodos físicos directos de introducción de genes de interés en el genoma**

- **Electroporación**

La técnica de electroporación se basa en la permeabilización de las membranas celulares al aumentar la conductividad eléctrica. Esto ocasiona que las membranas se desestabilicen y generen poros momentáneos y reversibles, por los cuales ocurre la absorción por parte de las células del ácido desoxirribonucleico (ADN) foráneo que contiene el o los genes de interés, además de la inserción de ácidos nucleicos, se pueden ingresar drogas, colorantes o proteínas a las células.

- **Biobalística**

La biobalística es uno de los métodos directos de transformación más ampliamente utilizado en plantas, y se basa en el uso de partículas de metales pesados biológicamente inertes como el oro o el tungsteno para transportar las moléculas de ácidos nucleicos. Se da un paso conocido como bombardeo o disparo, en el que estas partículas son aceleradas a gran presión con gases como helio o nitrógeno bajo condiciones establecidas (presión y distancia del disparo, cantidad de ácido nucleico) hacia el tejido blanco, lo cual permite la penetración de los ácidos nucleicos al genoma vegetal.

## **Métodos biológicos indirectos de transformación genética**

En protocolos de transformación genética por medios biológicos se han utilizado las bacterias *Agrobacterium tumefaciens* y *Agrobacterium rhizogenes*. Estas son bacterias Gram negativas, encapsuladas y con forma de bastón (bacilo), con una temperatura óptima de crecimiento de 25-28 °C, las cuales son fitopatógenos del suelo, *A. tumefaciens* ha sido estudiada ampliamente, ya que logra transferir naturalmente secciones específicas de su ADN a células huésped causando el tumor del cuello o agalla que crece en la unión de la raíz y el tallo (cuello), la



cual es una enfermedad agronómica importante, que afecta en su mayoría a plantas dicotiledóneas.

- ***Agrobacterium rhizogenes***

La especie bacteriana *Agrobacterium rhizogenes* se ha utilizado en café mayoritariamente para el análisis funcional de genes relacionados con resistencia al nematodo de la raíz (*Meloidogyne coffeicola*). Fue utilizada inicialmente en este cultivo en el año 1993, y luego en 1997; en estos trabajos se transformaron embriones somáticos de *C. canephora* P. con la cepa A4 (genes *gus* y *nptII*), obteniéndose plantas transgénicas. Además de la cepa A4, se ha utilizado la cepa IFO14554 en segmentos de hoja de *C. arabica* L., con la que se obtuvo la integración de los transgenes, pero no la regeneración de embriones somáticos.

- ***Agrobacterium tumefaciens***

Los protocolos de transformación disponibles en café utilizan mayoritariamente *Agrobacterium tumefaciens*, por ser un método barato que transfiere segmentos largos de ADN y con un número bajo de copias del gen integradas

Cróquer (2009), asegura que desde que el hombre comenzó a sembrar semillas silvestres y a escoger las plantas y frutos por su color, sabor, textura y conservación se produjo un proceso de selección que condujo a la modificación de las frecuencias alélicas en un cultivo. Posteriormente, se introdujo el mejoramiento formal con las hibridaciones entre individuos seleccionados, lo que permitió la transferencia de caracteres de interés entre especies e, incluso, de especies silvestres a las de interés agronómico.

#### **2.6.8. Producción del cultivo del café en el mundo**

En la última década el valor de las exportaciones mundiales de café sólo ha sido superado por el del petróleo. Sin embargo, sus precios en el mercado internacional fluctúan irregularmente entre períodos de

altos y bajos precios, afectando de manera importante la economía de 50 países productores.

Ceballos *et al.* (2004), asegura que:

Hasta julio de 1989 el mercado internacional del café era controlado por un sistema de cuotas que evitaba caídas bruscas y mantenía niveles atractivos en los precios internacionales. A partir de entonces, con la entrada del café en el libre mercado se incrementa la incertidumbre en el comportamiento y tendencia de los precios internacionales.

Vaca *et al.* (2016), manifiestan que:

El café constituye un importante producto básico de la economía mundial, cuyo mercado, históricamente, se ha caracterizado por experimentar variaciones en los precios, en los que se han observado ciclos de auge y depresión. Ecuador es un país productor de las especies de café *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, variedad Robusta, distribuidas en las cuatro regiones geográficas del país (Costa, Sierra, Amazonía y región Insular).

Duicela *et al.* (2016), afirman que:

El Ecuador tiene una superficie de 256 370 km<sup>2</sup>, según el Instituto de Estadística y Censos, a la agricultura y ganadería se dedican 5,5 millones de hectáreas, de las cuales 1 460 000 ha corresponden a cultivos perennes; siendo Manabí, Guayas y Los Ríos las provincias que representan el 43,85 % del área agrícola nacional. Entre los cultivos perennes se encuentra el café. La superficie cafetalera en producción, estimada en 2012, fue 149 411 ha, según el Consejo Cafetalero Nacional, La producción nacional se estima en 500 000 sacos de 60 kg, volumen que no satisface la demanda de la industria de café soluble estimada en 1 200 000 sacos, ni de los exportadores de grano estimada en 800 000 sacos. A esta demanda se añade un consumo interno de 200 000 sacos, por tanto, el déficit se aproxima a 1 700 000 sacos de 60 kg.

Avellan *et al.* (2016), aseguran que:

En Ecuador, para el 2012, había aproximadamente 199 215 hectáreas de cafetales, de las cuales el 68% correspondían a café arábigo (*Coffea arabica* L.) y el 32% a los robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner) (COFENAC, 2013). El *C. canephora*, según reportes históricos, se introdujo al Ecuador en 1973, por medio de semillas, a la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EET-P) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), desde donde esta especie inició su diseminación progresiva en el territorio ecuatoriano, por medio de semillas distribuidas mayoritariamente en el norte de la Amazonia y con menor intensidad en la zona central del Litoral, La compleja problemática del cultivo se manifiesta en el creciente déficit de producción nacional, en buena medida fomentado por: la inestabilidad de los precios, problemas sanitarios, edad avanzada de las plantaciones y la no disponibilidad de materiales mejorados que contribuyan a elevar los promedios de productividad, estimados en 250 kg.ha-1.

Davíla (2014), afirma que:

La industria del café es una de las más importantes no solo para los países productores sino en la economía mundial, siendo el café la segunda mercancía más significativa después del petróleo. Un producto que mueve de manera económica los mercados del mundo a gran escala, merece la importancia de explotar sus potenciales beneficios.

Negrin *et al.* (2020), aseguran que:

Es importante el desarrollo de planes de crecimientos empresariales que posibiliten a las empresas expandirse y plantearse diferentes desafíos, que incluyan una planificación adecuada de los beneficios que se pueden obtener a partir de una integración en las cadenas: reducción en los tiempos del ciclo, mayor flexibilidad en los procesos asociados a los pedidos y las entregas, disminución de los niveles de inventario. Por otro lado, la integración en las cadenas presenta etapas en función de su desarrollo: asignación, negociaciones de mercado, asociación,

cooperación, coordinación y colaboración. En relación con ello, en su última etapa se desarrolla la planificación colaborativa. Esta tendencia se enfoca en un análisis del proceso de planificación global y una estrategia de colaboración para el conjunto de actores de la cadena

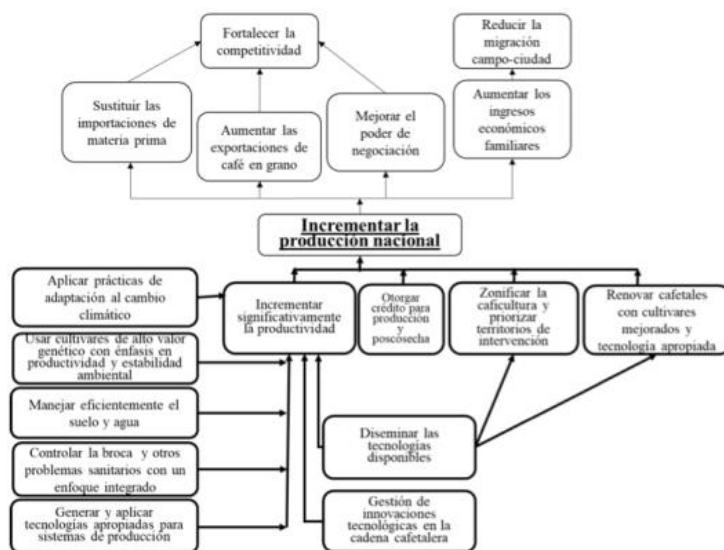
### 2.6.9. Problemática de la producción del café en el Ecuador

La baja producción de café en Ecuador es el problema central del sector cafetalero, atribuido a causas como: baja productividad, reducción del área cultivada, prevalencia de cafetales viejos y falta de crédito. En 2016, los promedios de rendimiento fueron: 0,48 t.ha-1 en robusta y 0,22 t.ha-1 en arábigo. Los impactos de la baja producción se expresan en: débil competitividad, reducción de exportaciones y aumento de importaciones de materia prima para la industria desde Vietnam, Brasil, Costa de Marfil e Indonesia.



Fuente: (Duicela *et al.* 2018).

Figura 1: Árbol de problema del sector cafetero



Fuente: (Duicela *et al.* 2018).

Figura 2: Árbol de objetivos del sector cafetero.

## 2.7. Hipótesis.

**Ho=** El mejoramiento genético es muy importante y beneficioso para el incremento de la producción y la productividad del cultivo de café en el Ecuador.

**Ha=** El mejoramiento genético no es lo suficientemente importante o beneficioso para el incremento de la producción y la productividad del cultivo de café en el Ecuador.

## 2.8. Metodología de la investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo del componente práctico que es de carácter descriptivo, se recolectó información utilizando la herramienta del internet mediante textos, revistas, folletos, páginas web y tesis.

La información que se obtuvo fue sometida al análisis, utilizando las técnicas del parafraseo, síntesis y resumen, tratando que esta sea comprendida por el lector. La metodología de esta investigación se basó en la recopilación de información científica referente a la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador.

## CAPÍTULO II

### 3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Desarrollo del caso.

El actual trabajo se lo desarrollo con la finalidad de determinar la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador, siendo esta una excelente técnica para los productores cafeteros que deseen de plasmar esta dicha técnica por lo cual se darán características de importancia como son la resistencia a plagas o patógenos y el aumento de la productividad del mismo.

#### 3.2. Situaciones detectadas.

Las situaciones detectadas en la determinación de la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador son las siguientes:

Cabe recalcar que la especie *Coffea arabica* L, la cual representa el 67 % del cultivo total a nivel mundial tiene una principal característica que es el amplio rango de adaptación a las condiciones ecológicas y aunque el ecuador es un productor pequeño, la producción, comercialización, industrialización y exportación de café cabe destacar que son relevantes en la economía, desarrollo social y preservación ambiental.

El problema central del sector cafetalero en el Ecuador es la baja producción de café atribuido a causas como: baja productividad, reducción del área cultivada así como también la prevalencia de cafetales viejos y falta de crédito.

Dentro del mejoramiento del cultivo del café la ingeniería genética por medio de las técnicas físicas (electroporación y biobalística) y biológicas (*A. tumefaciens* y *A. rhizogenes*), ha ayudado a sobrepasar las limitantes de regeneración y también a mejorar la productividad del cultivo de café.

### **3.3. Soluciones planteadas**

Como soluciones planteadas para mejorar y aumentar la producción del cultivo de café (*Coffea arabica* L) con dicho mejoramiento de la genética y preparar a los productores cafeteros en la utilización de una correcta manera de usar esta técnica se recomienda lo siguiente:

Concientizar a los productores cafeteros del Ecuador de percibir como alternativa el uso de estas técnicas por medio de las cuales se han obtenido buenos resultados a nivel productivo; así como también en el ámbito económico.

Para obtener los mejores resultados a través del mejoramiento genético del cultivo del café, se debe destacar el buen uso de estas técnicas; así como también una buena planificación de los recursos, capital, insumos, finanzas e implementos necesarios que dará como resultado una mejora de la genética del café y a su vez serán beneficiadas las familias ecuatorianas que se dedican a este tipo de cultivo.

### **3.4. Conclusiones.**

Por lo expuesto se concluye lo siguiente:

- El buen uso de estas técnicas para mejorar la genética del cultivo del café dará como resultado un buen individuo con características importantes como son un aumento de la productividad, resistencia a plagas, enfermedades y patógenos y un mayor ingreso económico a los productores en el Ecuador.
- En la actualidad la ingeniería genética ha cobrado mayor importancia al nivel mundial y nacional dado a que como los productores cafeteros mediante la problemática principal del cultivo del café como es la baja productividad han tomado como alternativa el uso del mejoramiento genéticos mediante diferentes técnicas que existen unas más caras que otras pero con el mismo resultado satisfactorio como es una alta productividad del cultivo del café que a su vez genera una mejor calidad de vida para las familias ecuatorianas que se dedican a este tipo de cultivo.

- Mediante los estudios realizados sobre el mejoramiento genético del cultivo de café *Coffea arábica* L, se concluye también que un buen uso de estas técnicas de la ingeniería genética, se obtendrá buenos resultados al final de dicho mejoramiento.

### **3.5. Recomendaciones.**

Las recomendaciones para determinar la importancia del mejoramiento genético del café (*Coffea arabica* L) en el Ecuador son las siguientes:

- Capacitar y socializar a los productores cafeteros de las diferentes provincias del Ecuador sobre el uso correcto de estas técnicas para así poder obtener buenos resultados a través del mejoramiento genético del cultivo del café.
- Para aumentar la productividad del café en el Ecuador, se recomienda que se usen estas técnicas de la ingeniería genética como alternativa para el mejoramiento genético del cultivo del café; por el cual mejorará la actividad económica de las familias ecuatorianas que se dedican al cultivo de tan importante especie.



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

Alarcó, AL. 2011. Modelo De Gestión Productiva Para El Cultivo De Café (Coffea Arabica L.) En El Sur De Ecuador (en línea). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, España :228 p.

Disponible en: [http://oa.upm.es/9985/2/ALICIA\\_ALARCO\\_LOPEZ.pdf](http://oa.upm.es/9985/2/ALICIA_ALARCO_LOPEZ.pdf).

Avellan, L; Fernando, P; Gaston, R; Solórzano, L; Castillo, G; Alberto, L; Guambi, D. 2016. Coffea canephora Pierre Base para su mejoramiento en Ecuador / PHENOTYPIC CHARACTERIZATION OF Coffea canephora Pierre GERMOPASM FOR YIELD IMPROVEMENT IN ECUADOR (en línea). REVISTA ESPAMCIENCIA, Ecuador 7 (1)(1):23-35. Disponible en: [http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/90/73](http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/90/73).

Ceballos, O; Mendoza, V; Cruz, M De; Briseño, M; Alfonso, M; Ramírez, O; Miguel, M; Ortega, T; Ceballos, GO; De, M; Vargas, C; Alfonso, M; Briseño, M; Miguel, M; Ramírez, O; Ortega, T. 2004. Análisis comparativo de la producción - demanda del café en el mercado internacional (1980-2003). Asociación Interciencia, Venezuela 29:621-625.

Córdova, ME; Carreño, FS; Morales, DG. 2016. CRECIMIENTO DE POSTURAS DE CAFETO (Coffea arabica L.) CON CUATRO NIVELES DE SOMBRA EN DOS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE ECUADOR. Cultivos Tropicales, cuba 37(2):72-78. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681>.

Davila, NMT. 2014. EL CAFÉ ESPECIAL : UNA OPORTUNIDAD DE VALOR AGREGADO PARA EXPORTACIÓN DEL ECUADOR . EMPRESARIALES (en línea). FACULTAD DE ECONOMÍA Y CIENCIAS EMPRESARIALES TEMA, Ecuador:29.

Disponible en: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/864/1/PaperNDavila.pdf>.

Duicela Guambi, LA; Andrade Moreano, J; Farfán Talledo, DS; Velásquez Cedeño, SR. 2018. Calidad organoléptica, métodos de beneficio y cultivares de

café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) en la amazonía del Ecuador. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 19(2):240-253.

Duicela, LAG; Corral, GRC; Chilán, WP villafuerte. 2016. SELECCIÓN DE “ CABEZAS DE CLON ” EN CAFÉ ROBUSTA ( *Coffea canephora* ) EN EL TRÓPICO SECO , ECUADOR SELECTION OF ‘ CLONE HEADS ’ FROM ROBUSTA COFFEE PLANTS ( *Coffea canephora* ) IN THE DRY TROPICS OF ECUADOR (en línea). REVISTA ESPAMCIENCIA, Ecuador 7(1):23-35. Disponible en: [http://190.15.136.171:3914/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/110](http://190.15.136.171:3914/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/110).

Duicela, LAG; Martinez, MES; Loor, RGS; Morri, ATD; Guzman, AMC; Monroy, CR; Chilan, WPV. 2018. Gestión del conocimiento e innovación organizacional para reactivar la cadena productiva del café robusta, Ecuador (en línea). REVISTA ESPAMCIENCIA 9(1)(2):61-72. Disponible en: [http://190.15.136.171:4871/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/156](http://190.15.136.171:4871/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/156).

Guglielmo Cróquer, Z. 2009. Ingeniería genética aplicada al café. Revista Científica UDO Agrícola, Venezuela 9(3):475-486.

NEGRIN, ES; SABLON, N; INTRIAGO, FA; ZAMBRANO, AM; ACEVEDO, AJ. 2020. Aplicación del CPFRR en una cadena agroalimentaria de café arábigo en Manabí. Caso de estudio Calceta (en línea). Revista ESPACIOS, Ecuador 41(03):23.

Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a20v41n03/a20v41n03p23.pdf>.

Robles, L. 2015. Análisis Teórico De La Industria Del Café En Ecuador Y Su Relación Con El Cambio En La Matriz Productiva. UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO, Ecuador :21.

Santistevan Méndez, M; Julca Otiniano, A; Borjas Ventura, R; Hidalgo, T; Oscar. 2014. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS CAFETALERAS EN LA LOCALIDAD DE JIPIJAPA (MANABÍ, ECUADOR) (en línea). Revista Ecología Aplicada 13:187-192. Disponible en : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34132815013>.

Vaca, LAP; Suarez, KDO; Velázquez, IRA. 2016. Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador (en línea). Revista

Cubana de Ciencias Forestales 4(2):120-129. Disponible en <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/138>.

Villalta-Villalobos, J; Gatica-Arias, A. 2019. Una mirada en el tiempo: mejoramiento genético de café mediante la aplicación de la biotecnología (en línea). *Agronomía Mesoamericana*, Costa Rica 30(2):577-599. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34173>.