



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD:**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACION DE ZONAS AGROECOLOGICAS SOSTENIBLES  
PARA EL CULTIVO DE PLATANO (MUSA PARADISIACA)  
MEDIANTE ANALISIS MULTICRITERIO, MANABÍ.**

**AUTORA:**

**ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA**

**TUTOR:**

**Q.F PATRICIO NOLES AGUILAR, M.Sc**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2018**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

**ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**QF. PATRICIO NOLES AGUILAR, M.Sc**, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EVALUACION DE ZONAS AGROECOLOGICAS SOSTENIBLES PARA EL CULTIVO DE PLATANO (*Musa Paradisiaca*) MEDIANTE ANALISIS MULTICRITERIO, MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA**, previa la obtención del título ingeniero en medio ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**QF. PATRICIO NOLES AGUILAR, M.Sc,**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACION DE ZONAS AGROECOLOGICAS SOSTENIBLES PARA EL CULTIVO DE PLATANO (MUSA PARADISIACA) MEDIANTE ANALISIS MULTICRITERIO, MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA**, previa la obtención del título de ingeniero en medio ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Jorge B. Cevallos Bravo M.Sc  
**MIEMBRO**

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez.  
M.Sc **MIEMBRO**

Ing. Carlos R. Villafuerte, M.Sc  
**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

Gracias a mi madre y mi hija por ser los principales motores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas; gracias madre por estar dispuesta acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, por anhelar y desear lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo recibido y sus palabras me guiaron durante mi vida.

Gracias Lía Andreina, por la hermosa oportunidad que me regalas de ser tu mamá y de poder disfrutar de tu compañía, por permitirme conocer el amor infinito.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas q me apoyaron y creyeron en mí.

## **DEDICATORIA**

Mi Trabajo de Titulación está dedicada a Dios, ya que gracias a el he logrado concluir mi carrera.

A mi mama, porque siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano y mi sobrina, por sus palabras y compañía, a mi hija Lia Andreina que me es mi fortaleza diaria, por su amor y su tiempo.

A mis queridos amigos y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

---

**ZAMBRANO MANCILLA GEMA ANDREINA**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRAFICOS .....	ix
RESUMEN .....	x
PALABRAS CLAVE.....	x
ABSTRACT.....	xi
KEY WORDS.....	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.    OBJETIVOS.....	4
1.3.1.    OBJETIVO GENERAL .....	4
1.3.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4.    HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.    PLÁTANO .....	4
2.2.    DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	4
2.3.    FACTORES AMBIENTALES .....	5
2.4.    PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PLÁTANO A NIVEL MUNDIAL .....	5
2.5.    PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PLÁTANO EN ECUADOR .....	6
2.6.    ZONAS AGROECOLÓGICAS.....	6
2.7.    ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN ECUADOR.....	7
2.8.    FACTORES DETERMINANTES EN ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA.....	7
2.9.    FACTORES EDAFOLÓGICOS.....	7
2.10.    FACTORES CLIMATOLÓGICOS .....	8
2.11.    FISIOGRAFÍA .....	8
2.12.    MODELO DE ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA .....	8
2.13.    USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN ZONIFICACIONES AGROECOLÓGICAS .....	9

2.14.	AGROECOSISTEMAS.....	10
2.15.	SISTEMAS AGROPECUARIOS.....	11
2.16.	CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS.....	11
2.17.	AGRICULTURA Y SOSTENIBILIDAD .....	12
2.18.	ANÁLISIS MULTICRITERIO .....	13
2.19.	ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN DE ZONAS AGROECOLÓGICAS...14	
2.20.	VALIDACION DE DATOS MEDIANTE GEORREFERENCIACION .....	15
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....		13
3.1.	UBICACIÓN .....	13
3.2.	DURACIÓN.....	13
3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	13
3.3.1.	MÉTODOS.....	13
3.3.2.	TÉCNICAS.....	14
3.4.	VARIABLES A MEDIR .....	14
3.4.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	14
3.4.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	14
3.5.	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	14
3.5.1.	FASE 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS Y BIOFÍSICOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA PARADISEACA).....	14
3.5.2.	FASE 2. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS. ....	15
3.5.3.	FASE 3. VALIDACION DEL MAPA DE ZONIFICACION AGROECOLOGICA MEDIANTE DATOS GENERADOS POR GEORREFERENCIACION .....	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		18
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS Y BIOFÍSICOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA PARADISEACA). ....	18
4.1.1.	Requerimientos de los cultivos de plátano.....	18
4.1.2.	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TELEDETECCION .....	20
4.2.	APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS .....	31
4.3.	VALIDACION DEL MAPA DE ZONIFICACION AGROECOLOGICA MEDIANTE DATOS GENERADOS POR GEORREFERENCIACION.....	33
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		38
5.1.	CONCLUSIONES .....	38
5.2.	RECOMENDACIONES .....	38
BIBLIOGRAFÍA.....		39
ANEXOS.....		44

## CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRAFICOS

### CUADROS

3. 1. Criterios seleccionados.....	18
4. 1. Requerimientos Edafológicos y climáticos del cultivo de plátano (Musa Paradiseaca) y Pesos de cada criterio.....	20
Cuadro 4. 2. Datos de imágenes satelitales.....	20
Cuadro 4. 3. Rangos de precipitación media de Manabí. ....	26
Cuadro 4. 4. Mapa de Elevación de la Provincia de Manabí. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Cuadro 4. 5. Área y porcentajes de zonas para el cultivo de plátano. ....	31
Cuadro 4. 6. Área y porcentajes de zonas para el cultivo de plátano por cantones.....	33
Cuadro 4. 7. Matriz de Confusión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### FIGURAS

Figura 4. 1. Mapa de textura de la Provincia de Manabí.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4. 2. Mapa de temperaturas de la Provincia de Manabí.....	23
Figura 4. 3. Mapa de Precipitación de la Provincia de Manabí. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4. 4. Mapa de pendiente de la Provincia de Manabí. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4. 5. Mapa de zonificación Agroecológica del cultivo de plátano (musa paradisiaca). ....	31
Figura 4. 6. Mapa de Validación de puntos del zonificación agroecológica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### GRÁFICOS

Gráfico 4. 1. Gráfico de elevaciones de Manabí.....	28
Gráfico 4. 2. Pendiente de Manabí.....	30

## RESUMEN

El trabajo de titulación tiene como objetivo las evaluar las zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradiseaca*) mediante análisis multicriterio, Provincia de Manabí. Los requerimientos agroecológicos y biofísicos para el cultivo de platano se identificaron mediante literatura científica determinando como requerimiento pediente, Textura, Eleveacion, Temperatura, Precipitacion y humedad Relativa. Se obtuvieron datos satelitales en formato TIF y Shapefile de los requerimientos identificados. Los mapas agroclimáticos y edáficos de la provincias de Manabi determinaron que la textura en un mayor porcentaje es de 55,55% es de tipo fina, el 88,80% tiene rangos de temperaturas de 24 – 69 °C, la precipitación promedio anual es de 1242,62mm, Las elevaciones fluctúan – 24 a 864 msnm geerando pendientes de 0 – 108,029%. El mapa de zonficacion agroecológica enfoco tres criterios optimo, Moderado y No apto determinado el 82,26% equivalente a 15489,03  $km^2$  del territorio tiene condiciones moderadas, el 14, 09% equivalente 2653,91  $km^2$  zonas optimas y solo el 3,65% equivalente a 686,46  $km^2$  son zonas no aptas para implantar el cultivo de pitahaya musa paradisiaca. Los puntos de control referenciados fueron considerados a partir de zonificación realizada tomando 30 puntos de control aleatorio para la verificacion mediante una check list. Se determinó que los cinco primeros cantones Flavio Alfaro, El Carmen, Pichincha, Tosagua y Chone cumplen con las características geodopológicas y geomorfológicas de los rangos óptimos de la zonificación del plátano (*Musa Paradiseaca*) mientras que los cantones San Vicente, Bolívar, Junín y Rocafuerte cumplen con rangos moderados establecidos en la zonificación. Sin embargo, el cantón Sucre en el punto referenciado no cumple con las características moderadas como lo indica el mapa, tendiendo a cumplir características no óptimas

## PALABRAS CLAVE

Cultivo de Musa Paradiseaca, zonificación agroecológica, análisis multicriterio

## ABSTRACT

The aim of this degree work is to evaluate sustainable agroecological zones for banana plantations (*Musa paradisiaca*) through multicriteria analysis, in Manabí province. The agroecological and biophysical requirements for the plantain crop were identified through scientific literature determining as pending requirement, Texture, Elevation, Temperature, Precipitation and Relative humidity. Satellite data in TIF and Shapefile format of the identified requirements were obtained. The agroclimatic and edaphic maps of the provinces of Manabí determined that the texture in a greater percentage is 55.55% is fine type, 88.80% has temperature ranges of 24 - 69 0C, the average annual rainfall is 1242.62mm, The elevations fluctuate - 24 to 864 masl generating slopes from 0 - 108.029%. The agroecological zoning map focused on three optimal criteria, Moderate and Not determined, 82.26% equivalent to 15489.03 km<sup>2</sup> of the territory has moderate conditions, 14, 09% equivalent 2653.91 km<sup>2</sup> Optimal zones and only 3.65% equivalent to 686.46 km<sup>2</sup> are areas not suitable for the cultivation of pitahaya musa paradisiaca. The referenced control points were considered from zoning made taking 30 random control points for verification through a checklist. It was determined that the first five cantons Flavio Alfaro, El Carmen, Pichincha, Tosagua and Chone comply with the geodopological and geomorphological characteristics of the optimal ranges of banana zoning (*Musa Paradiseaca*) while the cantons of San Vicente, Bolívar, Junín and Rocafuerte comply with moderate ranges established in the zoning. However, Sucre canton, in the referenced point does not comply with the moderate characteristics as indicated by the map, tending to comply with non-optimal characteristics.

## KEY WORDS

Cultivation of Musa Paradiseaca, agroecological zones, multicriteria analysis

## CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El sector agrícola es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía de nuestro país. Al año 2014 el Producto Interno Bruto (PIB) Agrícola se ubica en los 5, 018,202 millones de dólares (a precios constantes del 2007) y aporta el 85% al total del PIB Agropecuario y el 7% al PIB total. Para esta actividad se dedican 2, 551,513 hectáreas a la producción de cultivos como banano, cacao, entre otros; según datos de la Encuesta de Superficie de Producción Agrícola Continua (Monteros Guerrero, 2015)

La degradación del suelo (física, química y biológica), se evidencia en una reducción de la cobertura vegetal, la disminución de la fertilidad, la contaminación del suelo y del agua y, debido a ello, el empobrecimiento de las cosechas. El 14% de la degradación mundial ocurre en ALC, siendo más grave en Mesoamérica, donde afecta al 26% de la tierra, mientras que en América del Sur se ve afectado el 14% de la tierra. Las principales causas de la degradación incluyen la erosión hídrica, la aplicación intensa de agro químicos y la deforestación, con cuatro países de ALC que tienen más del 40% de su territorio nacional degradado y con 14 países con un porcentaje de entre 20% y 40% del territorial nacional degradado (FAO, 2018)

El plátano (*Musa paradisiaca L.*) es uno de los productos agrícolas más indispensables de la dieta alimentaria, especialmente, para la población de escasos recursos de los países tropicales, ya que es uno de los alimentos que más aporta calorías (Torres *et al.*, 2015). Ramos *et al.* (2016) mencionan que la mayor parte de la producción mundial del plátano está destinada a suplir el consumo interno de los países productores, tal es el caso de Ecuador.

Actualmente en el Ecuador, el aumento de la presión sobre los recursos campesinos observada en las últimas décadas se enmarca en un contexto de subordinación de los sistemas agroalimentarios nacionales de Latinoamérica y el Caribe a las demandas de los países centrales (McMichael, 2005). Uno de los principales problemas es la expansión de los monocultivos, lo que genera cambios en el uso del suelo y pérdidas en la biodiversidad y en la capacidad

productiva de los suelos, lo que compromete la continuidad de los ecosistemas y la producción de alimentos (Murphy *et al.*, 2012).

Espinoza *et al.* (2011) afirman que la degradación de los suelos, entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana, está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características intrínsecas de los suelos, pero sobre todo con la deforestación, el establecimiento de sistemas agrarios inapropiados y el impacto que causan las políticas públicas en el medio ambiente.

De acuerdo con la FAO (1997), las zonas agroecológicas se refieren a la división de la superficie de la tierra en unidades más pequeñas, que tienen características similares relacionadas con su aptitud, con la producción potencial y con el impacto ambiental. Jiménez *et al.* (2004) afirma que los estudios de zonificación agroecológica de cultivos, desempeñan un papel muy importante en la delimitación de áreas, en las cuales es posible definir qué cultivos tienen mayor potencial de producción.

Para la evaluación de las zonas agroecológicas sostenibles, existen metodologías, como el análisis de múltiple criterios, que considera tanto los requerimientos del cultivo como las características particulares del entorno, para garantizar un uso adecuado del terreno, con alta producción y el menor impacto al ambiente (Perales, 2009).

Las investigaciones más avanzadas al respecto han incorporado bases de datos enlazadas a sistemas de información geográfica (SIG), relacionadas a modelos estadísticos, que contienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra (FAO, 1997). Con estos antecedentes se plantea la siguiente interrogante:

¿El análisis multicriterio permitirá la evaluación de las zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Gliessman (2001) afirma que en los últimos años, la creciente conciencia sobre el negativo impacto ambiental, social y cultural de ciertas prácticas de la

agricultura moderna, ha llevado a plantear la necesidad de un cambio hacia un modelo agrícola más sustentable, lo que ha llevado a la toma de decisiones acertadas por parte de los responsables de garantizar un desarrollo inteligente del sector agropecuario.

Dada la importancia del plátano a nivel mundial, es necesario evaluar las zonas con mejor aptitud, lo que permitirá orientar las estrategias de desarrollo rural para garantizar una mayor producción, capitalización de los productores, un menor impacto al ambiente. En este sentido el objetivo de esta investigación fue evaluar las zonas agroecológicas sustentables a través de la metodología de análisis multicriterio como una alternativa para la zonificación y delimitación de las zonas con aptitud para el cultivo de plátano, en la provincia de Manabí.

El Gobierno del Ecuador, a través del Plan Nacional para el Buen Vivir, 2009-2013, pretende, entre sus estrategias, el aumento de la productividad del sector agrario;. SENPLAOES (2009) apunta a que la producción agrícola pueda mantener niveles satisfactorios para cubrir las necesidades humanas, sin sobreexplotar a las personas ni a la naturaleza, y esto solo es posible conociendo exhaustivamente los recursos naturales disponibles, cumpliendo con el artículo 13 de la Constitución Nacional que sostiene: "Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en-correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria" (Código Orgánico Ambiental, 2017).

La ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales en el artículo 12, de la función ambiental. La propiedad de la tierra rural deberá cumplir con la función ambiental. En consecuencia, deberá contribuir al desarrollo sustentable, al uso racional del suelo y al mantenimiento de su fertilidad de tal manera que conserve el recurso, la agro biodiversidad y las cuencas hidrográficas para mantener la aptitud productiva, la producción alimentaria, asegurar la disponibilidad de agua de calidad y contribuya a la conservación de la biodiversidad.

Por tal motivo, la evaluación de las zonas agroecológicas sostenibles del plátano en la provincia de Manabí, es importante para el diagnóstico del territorio

integrando criterios agroecológicos y económicos que establezcan lineamientos concretos para lograr una planificación del uso adecuado de los recursos naturales, logrando ser una herramienta valiosa para el ordenamiento del territorio.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradiseaca*) mediante análisis multicriterio, Provincia de Manabí

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los requerimientos agroclimáticos y biofísicos para el cultivo de plátano (*Musa paradiseaca*).
- Aplicar el análisis multicriterio para definir las zonas agroecológicas.
- Validación del mapa de zonificación agroecológica mediante datos generados por georreferenciación.

### **1.4. HIPÓTESIS**

El análisis multicriterio permite la evaluación de las zonas agroecológicas sostenibles para el cultivo de plátano (*Musa paradiseaca*), provincia de Manabí

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. PLÁTANO

Herrera y Colonia (2011) refiere que el plátano pertenece a la especie herbácea con un rango del tallo 3.5- 7.5 m. Es una planta perenne gigante de tipo herbácea, con tallo aparente y rizoma cortó, la cual resulta de la unión de las vainas foliares, cónico de rango de altura de 3.5-7.5m, y en su corona con terminales de hojas.

### 2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La descripción botánica de la planta del plátano, expresa (Herrera y Colonia, 2011) que pertenece a:

**Familia:** Musáceas.

**Especie:** *Musa cavendishii* (plátanos comestibles cuando están crudos) y *Musa paradisiaca* (plátanos para cocer).

**Origen:** tiene su origen en Asia meridional, siendo conocida en el Mediterráneo desde el año 650.

Las hojas de los plátanos son muy grandes y dispuestas de forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta un medio metro de ancho, con un peciolo de 1 metro o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

El tallo verdadero es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

Sus raíces son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. El poder de penetración de la

raíz es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Herrera y Colonia, 2011).

### **2.3. FACTORES AMBIENTALES**

- Temperatura. - Los rangos de temperaturas óptimos para el plátano son desde 20° y 30° C.
- Agua. - Este cultivo necesita abundante cantidad de agua para su desarrollo y se recomienda un sembrado de zonas cuya precipitación va desde 1,800 a 2,500 distribuidas en lo que va del año. Para el mes se necesita al menos 150 a 180 mm de agua.
- Luz. - El alargamiento del ciclo vegetativo depende de la disminución de la intensidad de luz.
- Viento. - No se recomienda establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos en áreas expuestas a vientos con velocidades mayores a 20 km./ hora, debido que están presentas problemas con acame de plantas, daños en el área foliar y pérdidas la producción.
- Suelos.- Se recomiendan usar suelos no menores a 1,2 metros, tiene que ser de textura franco limoso o arcilloso limoso, franco, arenosa muy fina y además de un rango de Ph de 5,5 a 7,0 (Guerrero, 2010).

### **2.4. PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PLÁTANO A NIVEL MUNDIAL**

La producción mundial de plátano en el año 2014 incrementó 1.93% en comparación al año 2012, alcanzando la cifra más alta del periodo estudiado 2000-2014. Este comportamiento no incidió directamente en el nivel de exportaciones, ya que disminuyeron. Los precios mundiales no se vieron afectados por el alza de la producción ya que crecieron en 4.51% respecto al año 2013 (MAGAP, 2014).

La producción de musáceas en todo el mundo es de unos 108 millones de toneladas métricas por año, de las cuales el 60% corresponde a banano y el 32% a plátano, siendo los mayores productores India, Ecuador, Brasil y China y en menor escala los países tropicales de América, Asia y África (FHIA, 2007).

El cultivo del banano y el plátano (*Musa spp*) se encuentra ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales del mundo siendo

componentes importantes de la dieta humana en casi todos los países del mundo, ya sea como alimento cocido o como fruta fresca (Aguirre *et al.*, 1998), ubicado en el cuarto renglón en la categoría de productos alimenticios de gran demanda después del arroz, el trigo y la leche.

## **2.5. PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PLÁTANO EN ECUADOR**

De acuerdo con el MAGAP (2014) la producción nacional de plátano en lo que respecta al año 2014 incrementó en 27.36% en comparación al 2013, esta tendencia al alza es similar a la evolución de la producción internacional. Las exportaciones descendieron 0,94% en consideración al 2013 debido que el incremento de producción fue destinada al consumo local. El incremento en la producción y la reducción de exportaciones tuvo su influencia en la baja de precios a nivel de productor con un 18,40%, el área cosechada a nivel nacional descendió a 12,33% mientras que el rendimiento llegó hasta 45,20% con respecto al año 2013, este factor favoreció el incremento de la producción nacional. 230000 hectáreas de área de siembra existe mayor concentración con un 92% se encuentra en 3 principales provincias del litoral, como: Guayas, Los Ríos y el Oro y el otro 8% se concentra en 7 provincias. Estos rendimientos están involucrados factores como: zona de producción, tamaño de la explotación y el nivel de tecnificación. Además existen 3 niveles de manejo del cultivo: tecnificado, semitecnificado y no tecnificado (Armendáriz, 2015).

## **2.6. ZONAS AGROECOLÓGICAS**

Son aquellas que tienen combinación del clima y características de suelo, y el potencial biofísico para la producción agrícola, presentando un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras ([FAO, 1997](#)). La zonificación agroecológica es la delimitación cartográfica de la capacidad natural para determinado cultivo, con las características agroclimáticas y fisio-edáficas de cada zona y a las necesidades de dicho cultivo a determinadas condiciones ambientales, así como, a "su capacidad de conservación del potencial productivo del área" (González y Hernández, 2016).

## **2.7. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN ECUADOR**

El Proyecto de Zonificación Agroecológica en condiciones naturales en el Ecuador a escala 1:25.000, se enfoca en la agroecología principalmente, la cual busca gestionar sistemas agrícolas sostenibles, económicamente justas y ambientalmente adecuadas, evitando así la degradación del recurso suelo por el conflicto de uso actual, logrando así el mejoramiento de la productividad, la inclusión de prácticas de agricultura climáticamente inteligente que contribuyan con la seguridad alimentaria, la adaptación y mitigación al cambio climático.

La zonificación sirve para:

- Evaluar potencialidades en condiciones naturales del territorio ecuatoriano, para distintas alternativas sostenibles de uso.
- Alcanzar una explotación racional.
- Toma de decisión: inversión, fomento productivo, extensión de cultivos, reconversión entre otros
- Rotación de cultivos
- Optimización y planificación del uso de las tierras (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015).

## **2.8. FACTORES DETERMINANTES EN ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA**

El óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas dependerá de muchos factores, pero si los cultivos no reciben las cantidades necesarias de elementos, estas varían y se ven afectadas y entonces su crecimiento puede ser limitado. (FAO, 2013).

## **2.9. FACTORES EDAFOLÓGICOS**

Este factor se encarga del estudio de la composición, naturaleza del suelo con relación a las plantas. El suelo es la primer capa de la tierra donde se desarrolla la vida de las raíces de las plantas, esta capa es de gran depósito de agua y alimentos que la planta requiere grandes cantidades para crecer y producir cosechas (FAO, 2013).

Además Sabroso (2004) menciona que el suelo está formado por un conjunto de forma de procesos físicos, químicos y biológicos que dan lugar sobre el medio rocoso original, produciendo la meteorización del mismo.

La meteorización se da por la erosión producida de una roca por los agentes atmosféricos, los cambios de temperatura y en general por la intemperie. Se dice que es de tipo físico cuando se produce la disgregación de la roca por procesos mecánicos que las trituran mediante grietas o fisuras, y se dice que es de tipo químico cuando la descomposición de la roca se produce por procesos químicos (disolución, hidratación, hidrólisis, carbonatación y oxidación), que atacan los minerales que las constituyen transformándolos en otros.

En la formación del suelo intervienen, igualmente, otros factores como son los geológicos (naturaleza de la roca madre, erosión, sedimentación, etc.), climatológicos (temperatura, lluvia, viento, humedad, etc.) y biológicos (vegetación, fauna, etc.).

## **2.10. FACTORES CLIMATOLÓGICOS**

El clima al igual que el suelo, es importante ya que aporta con la energía y los nutrientes necesarios para que las plantas se desarrollen y crezcan permitiendo así que los diferentes procesos metabólicos se produzcan como la fotosíntesis y reproducción sexual, entre otros. El clima es el fenómeno natural que se da en la atmosfera, identificándose por la presencia de varios elementos como temperatura, humedad, presión, lluvia, viento y otros (FAO, 2013).

## **2.11. FISIOGRAFÍA**

La fisiografía se describe como el análisis que existe entre clima, geología, morfología, origen y edad de los materiales rocosos, hidrología e indirectamente los elementos bióticos que influyen en el origen y desarrollo de los suelos, la aptitud de uso y manejo del suelo.

## **2.12. MODELO DE ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA**

El desarrolló del modelo de zonificación se basa en el sistema de referencia World Geodetic System - WGS84.

Se analizan variables edáficas, de relieve y clima, con la información de los requerimientos agroecológicos del cultivo, según el método desarrollado por la FAO 1976, y adaptado por el MAGAP-CGSIN, el cual se ha emplea en la identificación de zonas aptas, moderadas, marginales y no aptas para evaluar la aptitud de diferentes cultivos a nivel regional y nacional (escala 1:250 000).

En el análisis espacial y procesamiento de los mapas de zonificaciones agroecológicas, se conjugan las zonas con aptitud a la producción de cierto cultivo en condiciones naturales y la valoración cualitativa de la infraestructura de apoyo a la producción. En el proceso se obtiene el análisis de las potencialidades y limitaciones agroecológicas del territorio para el cultivo en mención. La zonificación agroecológica, en síntesis, precisa definir los requerimientos de información biofísica del medio natural y económico del cultivo, interrelacionando variables del modelo cartográfico (Aguilar et al., 2014).

### **2.13. USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN ZONIFICACIONES AGROECOLÓGICAS**

La (ZAE) zonificación agroecológica es metodología propuesta por la FAO (1978) ésta se puede implementar mediante el uso de software especializado, que para la determinación es necesario sobreponer diversas capas de información espacial, con la finalidad de definir zonas con cierto nivel de aptitud. Las investigaciones más avanzadas de zonificaciones agroecológicas, están compuestas por bases de datos enlazadas a un sistema de información geográfica y relacionadas con modelos computarizados, que contienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra (FAO, 1997).

Los SIG's se definen como un conjunto de hardware, software, personas y procedimientos diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelaje y el despliegue de datos estadísticos, espaciales y temporales para la solución de problemas complejos del manejo y uso de la tierra. El objetivo principal de un SIG es obtener resultados confiables para la toma de decisiones, a través del análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos, socioeconómicos, estadísticos en forma espacial y temporal, necesarios para generar de una forma flexible, versátil e integrada productos de

información tales como tablas y mapas (Fernández y Sumano, 1992 y Nozica *et al.*, 1997).

La principal utilidad de un SIG radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real, a partir de una base de datos digital. Los modelos constituyen un instrumento eficaz para analizar y determinar los factores que influyen en las tendencias, así como en la evaluación de las posibles consecuencias en las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en un área de interés (Carmona y Monsalve, 2000). Además, los SIG's permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario. En definitiva, amplían enormemente las posibilidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización (Chuvieco, 2002).

Aunque el uso de los SIG's para la generación de zonificaciones agroecológicas se ha intensificado en los últimos años, aún son mínimas las investigaciones que se apoyan en este tipo de sistemas. Dentro de éstas, se pueden citar los trabajos realizados por Carbonell *et al.* (2001); Díaz *et al.* (2000) y Villa *et al.* (2001).

#### **2.14. AGROECOSISTEMAS**

También denominado sistema de manejo, lo que puede ser sistema de manejo agrícola, pecuaria o forestal definiéndose como un arreglo de componentes, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas entre sí de tal manera que formen y actúan como una unidad, una entidad o un todo. Los agro sistemas o agroecosistemas se definen como un sistema de recursos biológicos y naturales gestionados por los seres humanos con el propósito principal de la producción de alimentos, así como otros bienes socialmente valiosos no alimenticios y servicios ambientales (Wood *et al.*, 2000).

Según Masera *et al.* (1999), indicaron que en el agro sistema se integran componentes físicos, biológicos y socioeconómicos. Lo define, a éste como la interacción entre sus elementos que determinan las entradas, las salidas y los límites del sistema. Dentro de los componentes físicos están: sustrato geológico, suelo, clima, parcela de cultivo; dentro de los biológicos están: plantas, animales y microorganismo; y en los componentes socioeconómicos se incluyen: familia,

unidad de producción, etcétera. Las entradas y salidas son todos flujos de productos materiales, energía o información hacia el interior o el exterior del sistema.

## **2.15. SISTEMAS AGROPECUARIOS**

Los sistemas agropecuarios son una mezcla compleja, finiquitada, coherente en tiempo y espacio de medios (tierra, agua, herramientas), de fuerza de trabajo y de productores. Es un conjunto de actividades de la tierra y recursos conexos ligados a la producción agropecuaria, en la que se optimiza la utilización de los recursos disponibles; estos buscan mejorar el bienestar del poblador a través de una tecnología adecuada que mejore los beneficios o salidas del sistema (Sánchez, 1995).

La unidad de estudio “es el espacio territorial en el cual se realiza el análisis y evaluación de su desarrollo sostenible”. La unidad de análisis la escoge el investigador según los objetivos que persiga, pudiendo estar constituida por fincas, microcuencas, cuencas, poblados, distritos, etc. (Sepúlveda, 2002)

## **2.16. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS**

Este apartado contiene factores físicos (clima, topografía), ecológicos (suelos, vegetación), socioeconómicos (infraestructura, mano de obra, precios, uso de la tierra, problemas y necesidades de los agricultores, la caracterización consiste en la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área. Los objetivos de la caracterización son: 1. Conseguir información técnica de referencia sobre las prácticas productivas y la productividad en el lugar de estudio; 2. Entender el proceso de toma de decisión de los productores en relación con el funcionamiento de sus sistemas de producción; y 3. Identificar los principales factores limitantes (físicos, biológicos y económicos) y las posibilidades de generar alternativas para los sistemas caracterizados (León y Quiroz, 1994).

La agricultura sustentable incluye consideraciones para garantizar una adecuada comida para el futuro y también se refiere al uso eficiente de los recursos, utilidades para el agricultor y el impacto hacia el medio ambiente (Darts, 2012).

El punto de referencia del desarrollo sustentable (DS) es el informe de la Comisión Bruntland y se le describe como un proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas” Sepúlveda (2002).

Gallopín (2003), señala que a través del tiempo mejora el desarrollo sustentable y que es un proceso de cambio direccional y no es una propiedad.

Según Rodríguez y Jiménez (2007), la sustentabilidad no es un problema ecológico, social, ni económico, sino una combinación de los tres. La necesidad de este proceso de transformación se deriva del mal uso de los recursos por el hombre, generado por el cambio social global debido al aumento de la población, el crecimiento económico, el avance tecnológico y la pobreza.

La agricultura sostenible se refiere a la búsqueda de rendimientos duraderos, a largo plazo, a través del uso de tecnologías de manejo ecológicamente adecuadas, lo que requiere la optimización del sistema como un todo y no sólo el rendimiento máximo de un producto específico (Altieri, 2002).

## **2.17. AGRICULTURA Y SOSTENIBILIDAD**

Este apartado contiene factores físicos (clima, topografía), ecológicos (suelos, vegetación), socioeconómicos (infraestructura, mano de obra, precios, uso de la tierra, problemas y necesidades de los agricultores, la caracterización consiste en la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área. Los objetivos de la caracterización son: 1. Conseguir información técnica de referencia sobre las prácticas productivas y la productividad en el lugar de estudio; 2. Entender el proceso de toma de decisión de los productores en relación con el funcionamiento de sus sistemas de producción; y 3. Identificar los principales factores limitantes (físicos, biológicos y económicos) y las posibilidades de generar alternativas para los sistemas caracterizados (León y Quiroz, 1994).

La agricultura sustentable incluye consideraciones para garantizar una adecuada comida para el futuro y también se refiere al uso eficiente de los recursos, utilidades para el agricultor y el impacto hacia el medio ambiente (Darts, 2012).

El punto de referencia del desarrollo sustentable (DS) es el informe de la Comisión Bruntland y se le describe como un proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas” Sepúlveda (2002).

Gallopín (2003), señala que a través del tiempo mejora el desarrollo sustentable y que es un proceso de cambio direccional y no es una propiedad.

Según Rodríguez y Jiménez (2007), la sustentabilidad no es un problema ecológico, social, ni económico, sino una combinación de los tres. La necesidad de este proceso de transformación se deriva del mal uso de los recursos por el hombre, generado por el cambio social global debido al aumento de la población, el crecimiento económico, el avance tecnológico y la pobreza.

La agricultura sostenible se refiere a la búsqueda de rendimientos duraderos, a largo plazo, a través del uso de tecnologías de manejo ecológicamente adecuadas, lo que requiere la optimización del sistema como un todo y no sólo el rendimiento máximo de un producto específico (Altieri, 2002).

La agroecología se sirve del concepto de agro- ecosistema como unidad de estudio y considera el análisis del mismo desde una perspectiva sistémica, teniendo en cuenta los recursos humanos y naturales que definen su estructura, tanto los factores sociales como naturales (Guzmán et al., 2000).

El enfoque agroecológico puede ser definido como la “aplicación de los principios y conceptos de la Ecología en el manejo y diseño de agroecosistemas sostenibles” (Gliessman, 2002) que, partiendo del conocimiento local, e integrado al conocimiento científico, dará lugar a la construcción de nuevos saberes socio-ambientales, alimentando así, permanentemente el proceso de transición agroecológica (Caporal y Costabeber, 2002).

## **2.18. ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Según Malczewski (2006) El análisis muticriterio tiene como objetivo evaluar juicios de valor de los expertos para sistemáticamente analizar problemas complejos identificando las alternativas de decisión, así como los criterios y su importancia (peso) en la evaluación del desempeño de las alternativas para cumplir con el objetivo deseado.

Valerie y Steward (2002) manifiesta que el análisis multicriterio inicia con un estudio del contexto de decisión, pasa por concretar los diferentes elementos del modelo de evaluación y vuelve a la fase inicial, hasta que se logra definir una estructura de evaluación estable, que proporcione la certeza y el resultado óptimo. Es un proceso de aprendizaje continuo y cíclico. El resultado final del análisis es una valoración numérica de las opciones, el cual permite tomar una decisión que se puede justificar tanto cualitativa como cuantitativamente; al cabo del análisis se puede explicar, en detalle, las razones de la elección (Sánchez, 2010).

## **2.19. ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN DE ZONAS AGROECOLÓGICAS**

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) presentó la metodología que el establecimiento de las lugares viables para cultivos (INIFAP, 1995). Así mismo, Medina et al. (1997) expreso otra metodología para caracterizar el potencial productivo de especies vegetales en México, la cual tiene como objetivo modelar con información del sistemas de información geográfica datos de clima, suelo y fisiografía, según los requerimientos de los cultivos.

El análisis de decisiones es una guía de aplicación en el campo e ingeniería ambiental. Se lo emplea para Evaluar el impacto ambiental, proyecto de desarrollo regional y planificación territorial (Valerie y Steward, 2002) y Romero (1993) indica que esta tecnicas de toma de decisiones se basan en procesos factibles que presenten un mayor grado de precision . Entre estas técnicas se encuentra el análisis multicriterio, el cual ayuda a los tomadores de decisiones a evaluar los juicios de valor de los expertos para sistemáticamente analizar problemas complejos identificando las alternativas de decisión, así como los criterios y su importancia (peso) en la evaluación del desempeño de las alternativas para cumplir con el objetivo deseado. Estos métodos matemáticamente combinan los criterios y sus pesos para ayudar en la selección de la alternativa más deseable (Kiker et al., 2005).

Esta instrumento es muy útil convirtiéndose en la adquisición de decisiones dando una alta certeza y probabilidad de éxito de las acciones implementadas

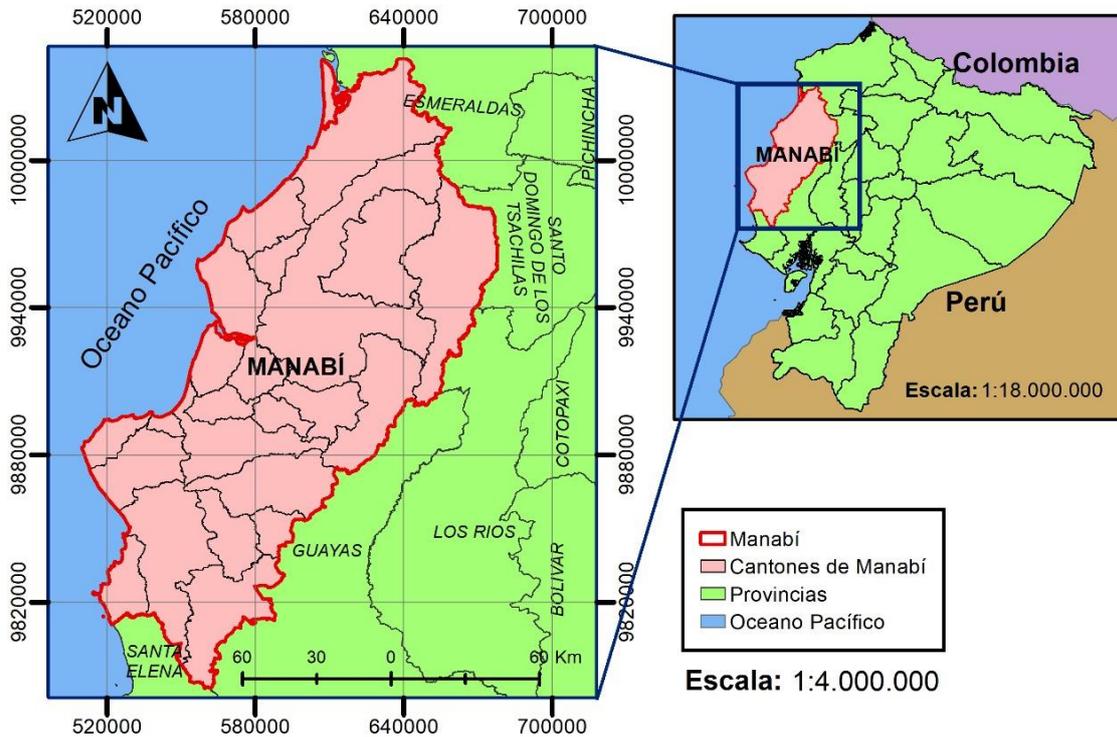
(Geneletti, 2007; Goodwin y Wright, 2014). Esta técnica ha sido usada por varios autores para identificar áreas de conservación (Valente y Vettorazzi, 2008) y zonas de prioridad para reforestación (Kangas y Kangas, 2005; Cruz y Sotelo, 2013).

## **2.20. VALIDACION DE DATOS MEDIANTE GEORREFERENCIACION**

La verificación o validación se la realiza en el campo como lo establece (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2016) Proceso a través del cual se verifica, mediante visitas de campo o coordenadas geográficas los criterios identificados en el mapa de zonificación, y de acuerdo con Cardona y Restrepo (2013) se aplicó una Check list para la comprobación de las características geodológicas y geomorfológicas de los datos generados por georreferenciación. Se establecieron 30 puntos de control aleatorios como lo establece (CORNARE, 2012) para la validación de datos.

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN



La investigación se llevó a cabo en la provincia de Manabí, la cual limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con las provincias de Santa Elena y Guayas, al este con las provincias de Guayas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, y al oeste con el Océano Pacífico.

### 3.2. DURACIÓN

La presente investigación se realizará en un tiempo de 9 meses a partir del mes de enero del 2018 hasta el mes de septiembre del 2018, incluyendo la planificación y ejecución del proyecto.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. MÉTODOS

La investigación estuvo enmarcada dentro de la metodología del análisis multicriterios, que es una teoría de la medición, que al aplicarse en la toma de decisiones asiste en la descripción de la operación de decisión general por la

descomposición de un problema complejo en una estructura jerárquica de varios niveles de objetivos, criterios, subcriterios y alternativas (Harker y Vargas, 1990). Saaty y Sagir (2009) también resaltan la importancia del análisis multicriterios en que se puede reunir a un grupo diverso de personas para tomar decisiones complejas. El método ofrece un marco de estructuras para la discusión y el debate, generando decisiones muy similares a las que se pueden tomar en el día a día.

### **3.3.2. TÉCNICAS**

- **OBSERVACIONES**

La observación se utilizó para la constatación de los datos obtenidos en los sistemas de información geográfica, mediante la visualización de las características percibidas.

- **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Los SIG se aplicaron para el procesamiento de la información geográfica, y para analizar los datos geográficos (mapas) y sus características (atributos).

### **3.4. VARIABLES A MEDIR**

#### **3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Análisis multicriterio

#### **3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Evaluación de las zonas agroecológicas sostenibles del cultivo de plátano

### **3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.5.1. FASE 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS Y BIOFÍSICOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA PARADISEACA)**

**Actividad 1. Búsqueda de información sobre los requerimientos agroclimáticos y biofísicos del cultivo de plátano**

Para conocer los requerimientos agroclimáticos y biofísicos del cultivo de plátano se realizará una búsqueda de información secundaria a través de bases de datos de revistas científicas, libros, portal del MAGAP, entre otros.

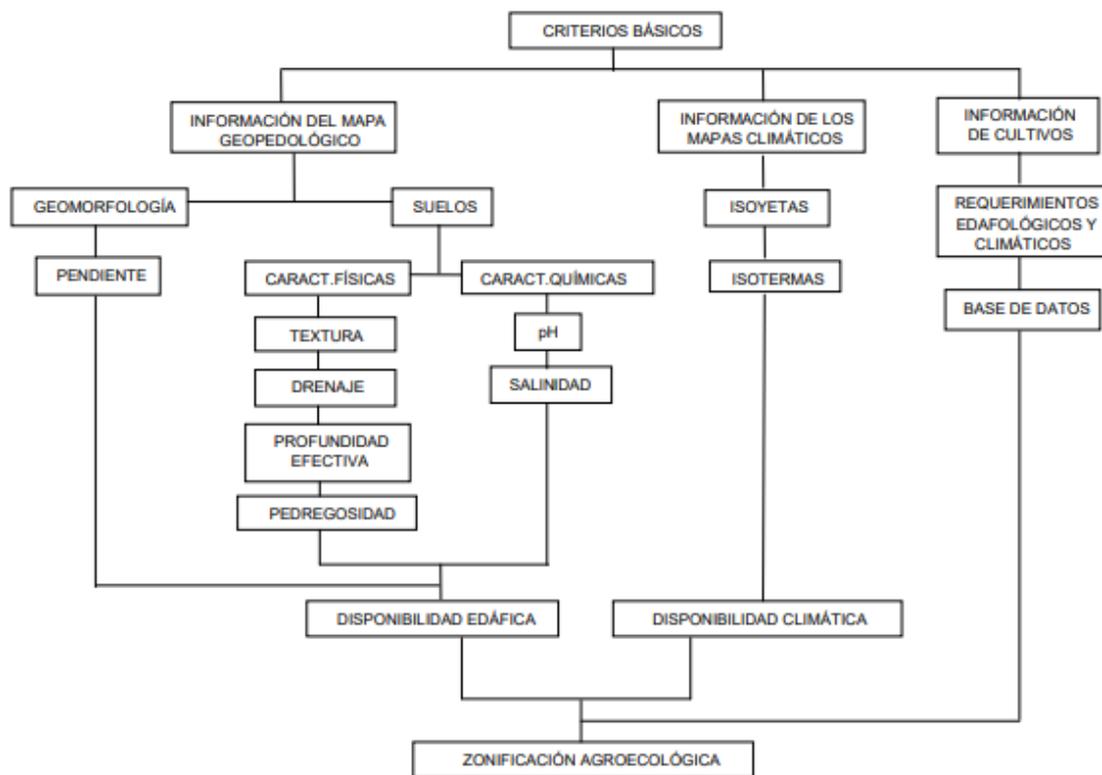
### **Actividad 2. Obtención de la información geográfica y satelital**

La información geográfica y satelital de la provincia de Manabí se obtendrá a través del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

### **3.5.2. FASE 2. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS.**

#### **Actividad 3. Establecimiento del análisis de evaluación multicriterio**

El modelo agrológico es una función matemática en el que, a partir del lenguaje estructurado de consulta a los atributos del mapa agroecológico, dentro de un SIG, se va generando las zonas óptimas, las cuales poseen las mejores condiciones edafológicas y climáticas naturales para el desarrollo del cultivo. El resultado final es la obtención de áreas representadas en mapas por tipo de cultivo. Este modelo permite tener un mejor control al definir las áreas, ya que limita la selección en función de los requerimientos del cultivo a zonificar de acuerdo a la metodología empleada por Lasso *et al.* (2010)



**Gráfico 3. 1.** Modelo de zonificación agroecológica.

Fuente: (Lasso, Cruz, y Haro, 2014)

Para llevar a cabo la zonificación agroecológica del cultivo plátano en la provincia de Manabí se procederá a realizar el análisis multicriterio con el objetivo es identificar aquellos lugares de la provincia con condiciones óptimas para la siembra del plátano y contribuir al desarrollo sostenible del cultivo.

Los siguientes pasos describen el proceso que se llevó a cabo para la zonificación agroecológica.

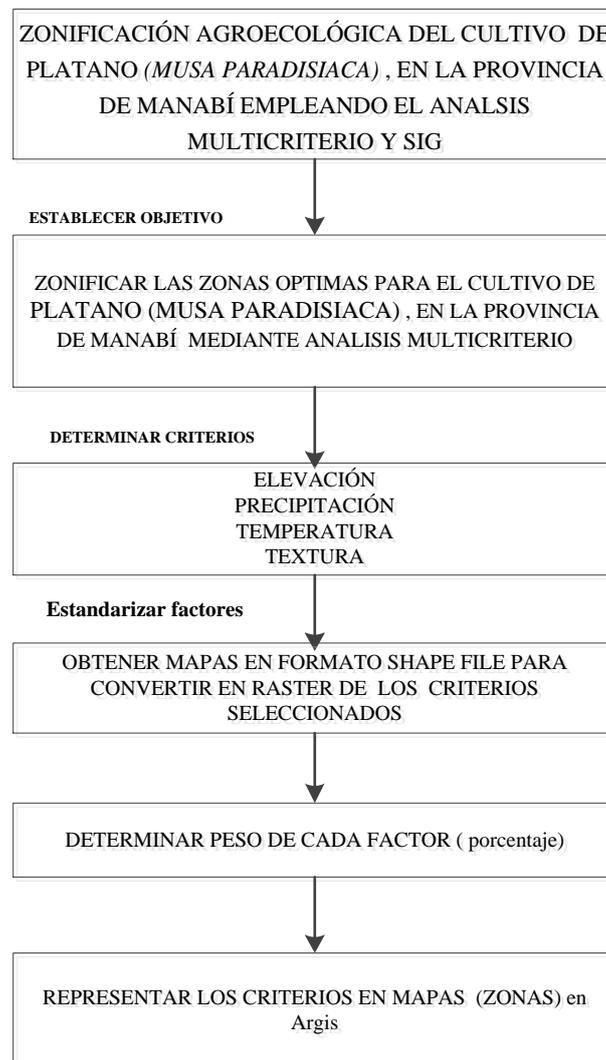


Figura 3. 1. Procedimiento generalizado para llevar a cabo un análisis de evaluación multicriterio (MC) en un SIG.

## Definir Objetivos

El primer pasó en una evaluación multicriterio consistió en la definición del objetivo del análisis. En este estudio, el objetivo consistió en identificar las zonas óptimas en condiciones naturales para el cultivo de plátano

## Actividad 4. Identificación de los criterios y asignar pesos ponderación

Esta actividad consistió en la identificación de los criterios que van a favorecer el objetivo establecido y la determinación de cuáles de los criterios son más importantes que otros en beneficio de este objetivo. Hay dos tipos de criterios para un análisis de MC: restricciones y factores. Factores son criterios que influyen (enriquecen o devalúan) la viabilidad del objetivo en cuestión. Hay varias maneras de seleccionar los factores para un análisis de MC. Se pueden

seleccionar basados en la literatura existente, se pueden definir por un analista

Componente	Criterios	Optimo	Moderado	No Apto	Pesos
Biofísico	Pendiente	0-3 %	3 – 8 %	Superiores a 8%	20%
	Elevación	0 – 400 msnm		800 msnm	25%
	Textura	Franco, Franco – Arcilloso. Franco Arenoso	Texturas finas (menor al 60%de arcilla)	Textura muy finas o moderadamente gruesas	25%
Agroclimático	Precipitación	1800 - 3600	1200 – 1800 3600 – 4600	Menor a 1200 uy mayor 4600	10%
		Temperatura	20 – 30 °C	30- 35°C	Mayor a 35 °C

o se pueden definir por un grupo de expertos en la materia. A continuación se detallan los criterios seleccionados:

**Cuadro 3. 1.** Criterios seleccionados.

### **Actividad 5. Elaboración de mapas temáticos o Representar los criterios en un mapa**

Se llevará a cabo la construcción de mapas temáticos tomando en cuenta los requerimientos agroclimáticos y biofísicos del cultivo de plátano (temperaturas, régimen de lluvias, elevación y textura) para la zona de estudio, a través del software ArcGis 1.0, de acuerdo la metodología de Marín *et al.* (2009), Galindo *et al.* (2009), Jiménez *et al.* (2004) y Cengicaña (2004).

Posteriormente todas las capas vectoriales pasaran al formato de raster debido a que el software de SIG utilizado para el análisis multicriterio es un SIG basado en raster y por último se utilizará herramientas como reclasificación, y superposición ponderada para obtener la zonificación agroecológica de acuerdo con Vlassco (2018).

### **Actividad 6. Aplicar el análisis de MC en un SIG**

El último procedimiento para generar el mapa consistió en ejecutar el módulo de MC en el software de SIG. Utilizamos el software de SIG y ArcGIS para llevar a cabo el análisis y elaborar el mapa.

### **3.5.3. FASE 3. VALIDACION DEL MAPA DE ZONIFICACION AGROECOLOGICA MEDIANTE DATOS GENERADOS POR GEORREFERENCIACION**

#### **Actividad 6. Se realizaron visitas de campo para tomar puntos de control del mapa elaborado**

En esta actividad se realizó la verificación o validación en el campo como lo establece (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2016) Proceso a través del cual se verifica, mediante visitas de campo y coordenadas geográficas los criterios identificados en el mapa de zonificación, y de acuerdo con Cardona y Restrepo (2013) se aplicó una Check list para la comprobación de las características geodológicas y geomorfológicas de los datos generados por georreferenciación. Se establecieron 30 puntos de control aleatorios como lo establece (CORNARE, 2012) para la validación de datos.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS Y BIOFÍSICOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA PARADISEACA).**

#### **4.1.1. Requerimientos de los cultivos de plátano**

La zonificación de MUSA PARADISEACA se la realizó dentro del Plan de Reactivación Agropecuaria de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca 2007-2011. De acuerdo con el MAGAP (2014) la producción nacional de plátano en el año 2014 incrementó en 27.36% con respecto al año 2013, esta tendencia al alza es similar a la evolución de la producción internacional. El Proyecto de Zonificación Agroecológica en condiciones naturales en el Ecuador a escala 1:25.000, se enfoca en la agroecología principalmente, la cual busca gestionar sistemas agrícolas sostenibles, económicamente justas y ambientalmente adecuadas, evitando así la degradación del recurso suelo por el conflicto de uso actual, logrando así el mejoramiento de la productividad, la inclusión de prácticas de agricultura climáticamente inteligente que contribuyan con la seguridad alimentaria, la adaptación y mitigación al cambio climático. Los requerimientos agroecológicos están basados en los siguientes autores los cuales consideran parámetros biofísicos como pendiente, textura, elevación y entre los Agroclimáticos se destacan la precipitación, temperatura y humedad relativa.

**Cuadro 4. 1.** Requerimientos Edafológicos y climáticos del cultivo de plátano (*Musa Paradiseaca*) y Pesos de cada criterio.

Componente	Parámetros	Araya, 2007			Pesos (%)
		OPTIMA (O)	MODERADO (M)	NO APTO (N)	
		Áreas donde las condiciones naturales de suelo, relieve y clima presentan las mejores características para el establecimiento del cultivo.	Áreas donde las condiciones naturales de suelo, relieve y clima presentan limitaciones ligeras y pueden ser mejoradas con prácticas de manejo adecuadas.	Áreas donde no se puede establecer el cultivo en condiciones naturales (limitaciones muy Severas).	
Biofísico	Pendiente (%)	0 a 3%	3 a 8%	Superiores a 8%	20%
	Textura	Franco, franco limosa, franco arcillosa limosa, franco arenosa fina	Texturas finas (menor a 60% de arcilla)	Texturas muy finas o moderadamente gruesas	25%
	Elevación	0 a 400 msnm	400 a 800 msnm	800 msnm	25%
Agroclimático	Temperatura	20 °C y 30 °C	30 y 35	Mayor a 35 °C	10%
	Precipitación	Entre 1800 y 3600 mm	Entre 1200 a 1800 mm y 3600 a 4600 mm	Menos a 1200 mm y mayor 4600 mm anuales.	20%
	Humedad Relativa	70 a 80 %	80 % a 90 %	Mayor de 90%.	

#### 4.1.2. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TELEDETECCION

Suárez Venero (2014) explica la metodología más actualizada para la realización de los estudios de la zonificación agroecológica consiste en el desarrollo de interfaces con sistemas de información geográfica (SIG), que han facilitado la extensión de bases de datos ZAE (zonas agroecológicas) para implementar un amplio rango de evaluaciones sobre recursos naturales como base para una agricultura sostenible, en base a este apartado se obtuvieron imágenes satelitales, capas temáticas Shapefile para elaborar los requerimientos Edafológicos y climáticos.

**Cuadro 4. 2.** Datos de imágenes satelitales.

Capas empleada	Formato	Año	Fuente	Resultado
<b>Modelo elevación digital (DEM)</b>	TIF	2010	Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)	Mapa de elevación y pendiente
<b>Textura</b>	Shapefile	2011	MAGAP ( Ministerio de Agricultura ganadería y pesca)	Mapa de tipos de textura
<b>Temperatura</b>	Shapefile	2008	INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)	Mapa de Isotherma
<b>Precipitación</b>	Shapefile	2008	INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)	Mapa de isoyetas

Elaborado por: (Zambrano, 2018)

#### MAPAS AGROCLIMÁTICA Y EDÁFICA DE LA PROVINCIA DE MANABÍ

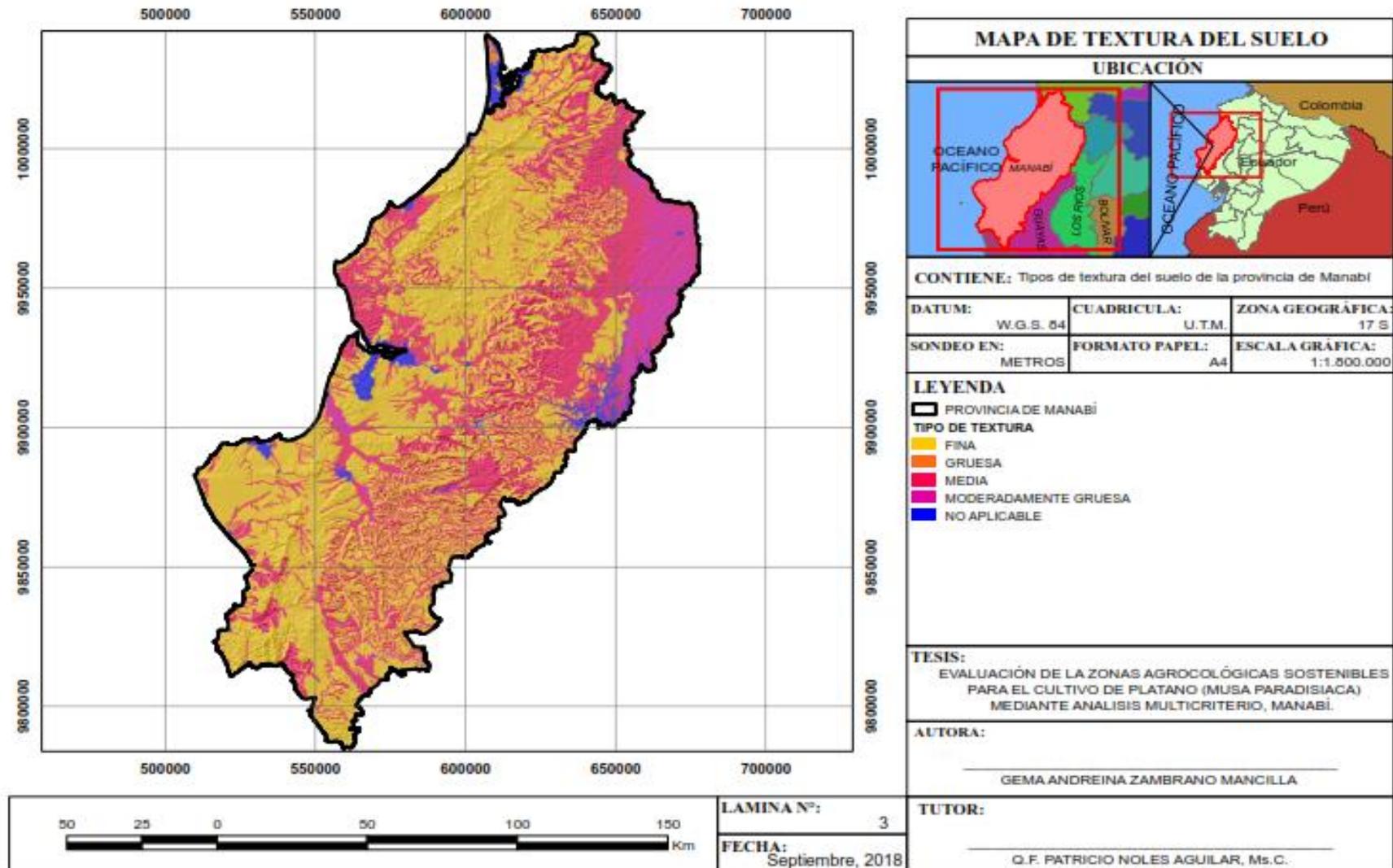


Figura 4. 1. Mapa de textura de la Provincia de Manabí.

Con el Shape de Textura de Manabí se obtuvo las diferentes clases texturales, **el 55,74%** equivalente a 10820  $km^2$  de área tiene una clase textural fina, de acuerdo con la memoria Técnica de Bolívar 2012 indica que esta provincia prevalecen este tipo de suelo Franco arenoso FA Franco limoso FL Franco arcilloso FY Franco arcillo arenoso FYA Franco arcillo-limoso FYL lo que lo hace ideal para mayor capacidad de uso agrícola. (PDOT, 2012). El **36,28%** equivalente a 7044,17  $km^2$  tiene textura media, el **4,68%** equivalente a 943,50 ha, equivale a moderadamente gruesa, el **2,86%** equivalente a 554,48 ha, y **el 0,26%** equivalente a 50,91 ha es de textura gruesa, que considerando los criterios de Araya 2007, la provincia de Manabí tiene las características idónea para la implementación del cultivo

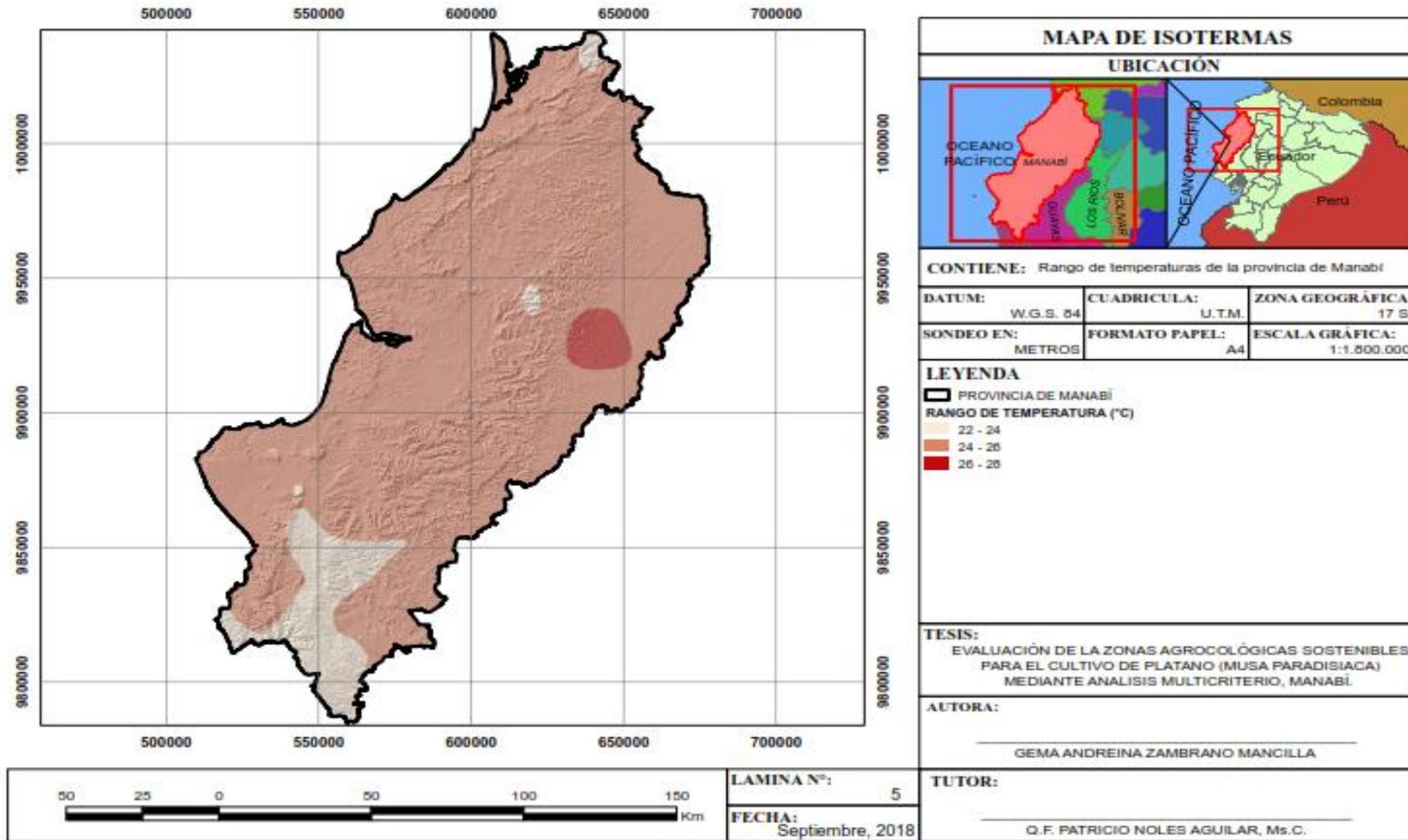


Figura 4. 2. Mapa de temperaturas de la Provincia de Manabí.

El Shape de Temperatura de Manabí se adquirió los diferentes rangos de temperaturas, **el 88,80%** equivalente a 17242,85  $km^2$  de área, tiene un rango de temperatura entre 24-26. El 9,17% equivalente a 1780  $km^2$  tiene un rango de temperatura de 22 – 24 y el **2,04 %** equivalente a 395,75 ha, este dato generado ha permitido determinar que la provincia de Manabí tiene rangos de temperaturas aptas para la implementación del cultivo

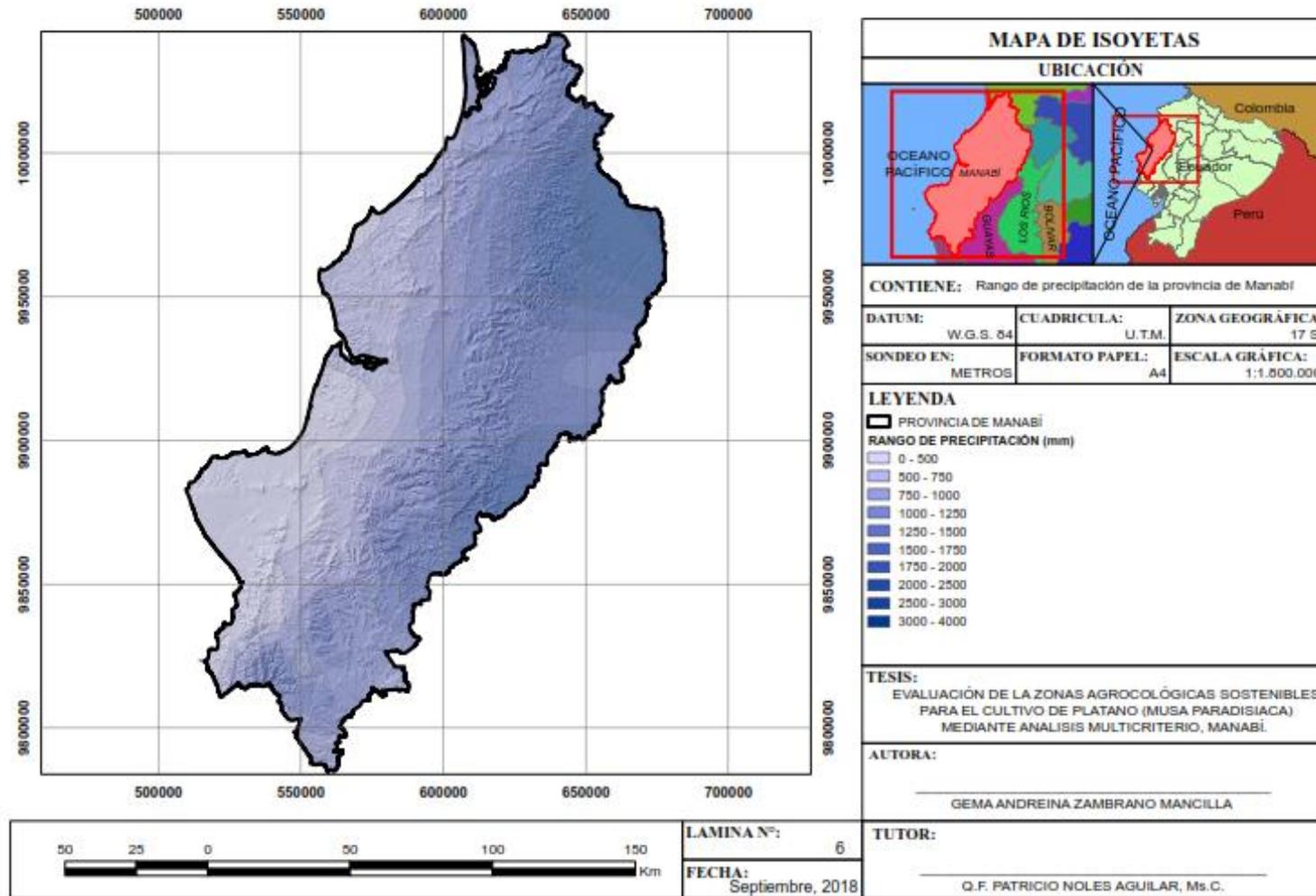


Figura 4. 3. Mapa de Precipitación de la Provincia de Manabí.

El Shape de precipitación media determino que la provincia de Manabí tiene una precipitación media anual de 1242,62 mm, se obtuvo 10 rangos de precipitación mínima con sus respectivas áreas, esto se ilustra en la siguiente tabla

**Cuadro 4. 3.** Rangos de precipitación media de Manabí.

<b>RANGO</b>		<b>AREA</b>	<b>PRODUCTO</b>
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	
0	500	2636,51	659127,67
500	750	2570,91	1606820,36
750	1000	1833,82	1604594,78
1000	1250	2916,09	3280597,18
1250	1500	2711,20	3727898,89
1500	1750	3003,85	4881263,27
1750	2000	1516,45	2843351,53
2000	2500	1326,13	2983791,78
2500	3000	828,70	2278915,46
3000	4000	75,56	264448,11
<b>TOTAL</b>		<b>19419,22</b>	<b>24130809,03</b>
<b>PRECIPITACIÓN MEDIA</b>			<b>1242,62</b>

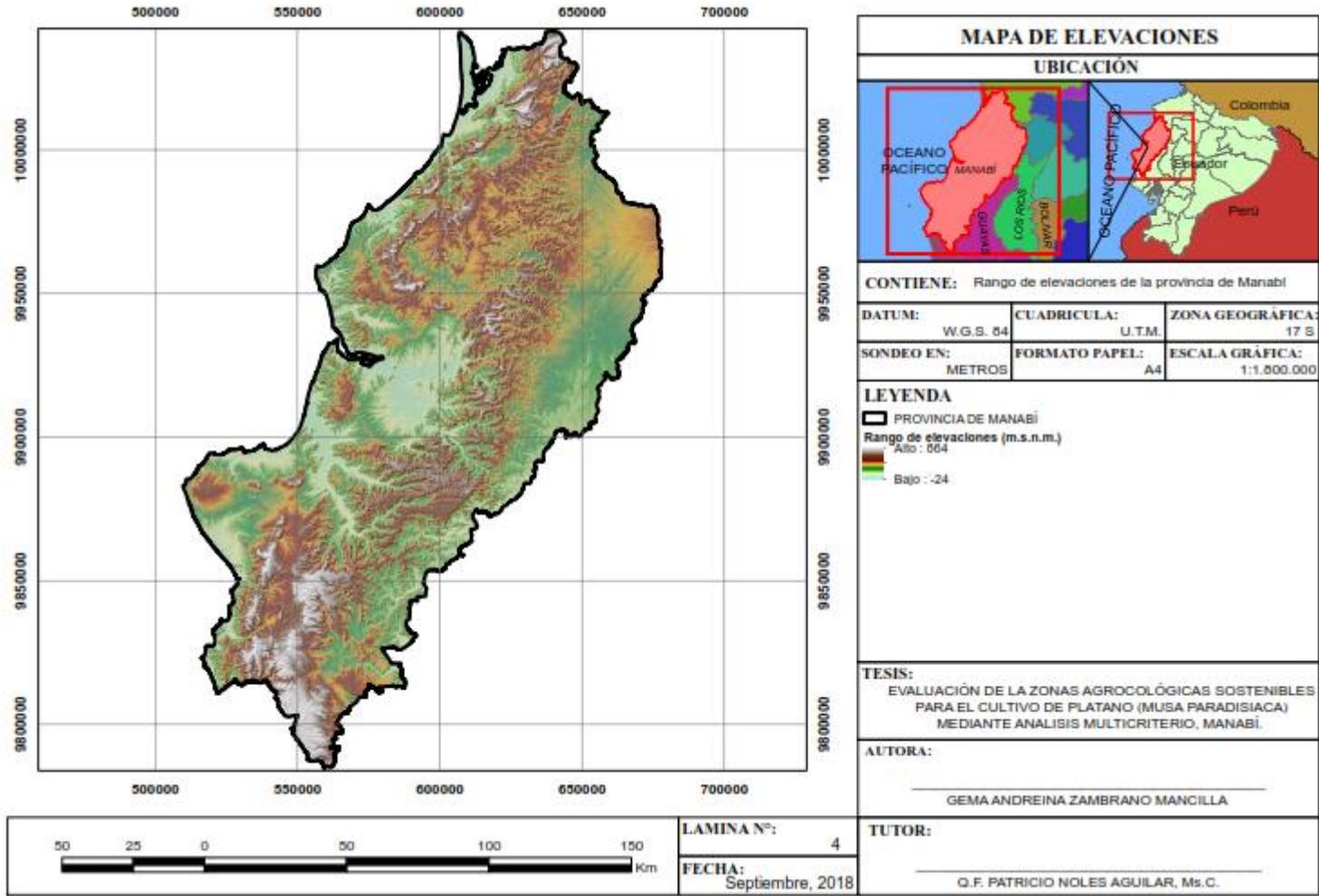
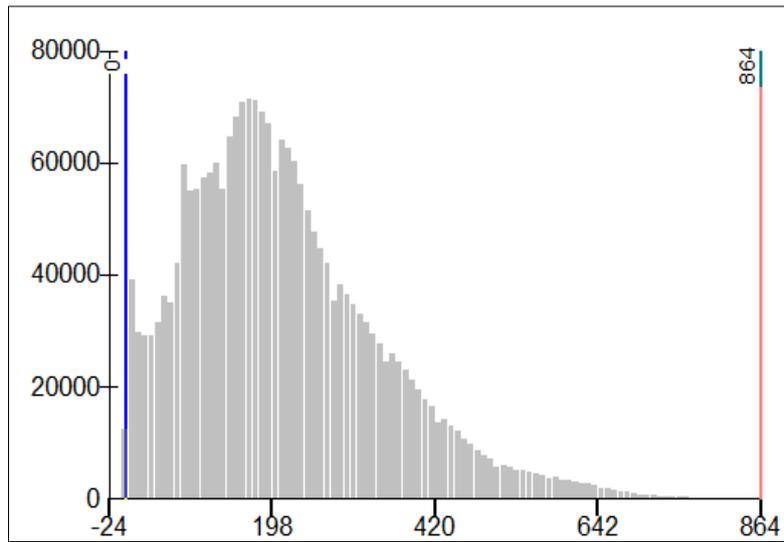


Figura 4. 4. Mapa de Elevación de la Provincia de Manabí.



**Gráfico 4. 1.** Gráfico de elevaciones de Manabí.

De acuerdo al DEM en la siguiente figura se ilustra que las elevaciones de la provincia de Manabí, Donde las elevaciones fluctúan – 24 a 864. Se aprecia que Manabí tiene mayores elevaciones oscilando 198 – 420.

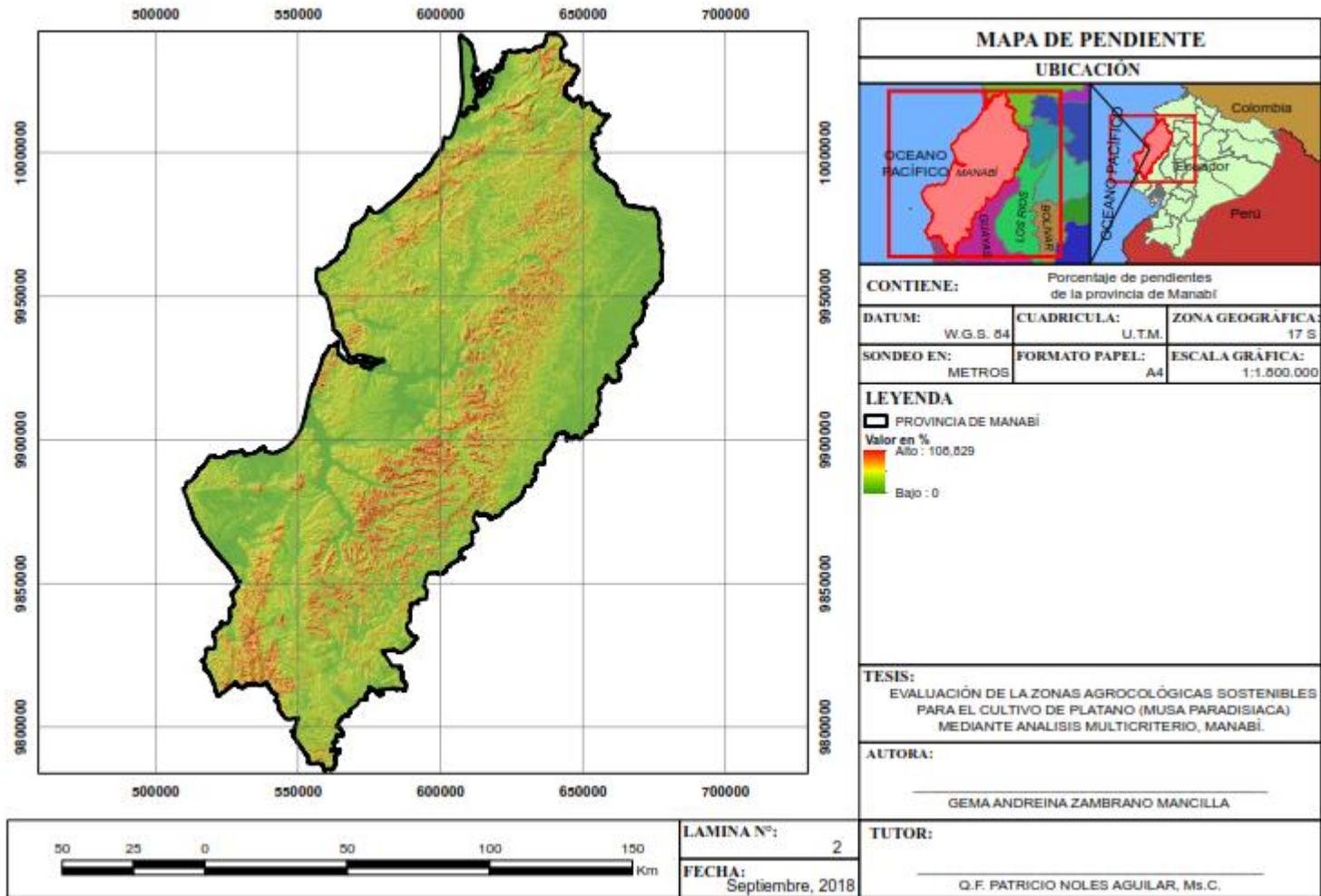
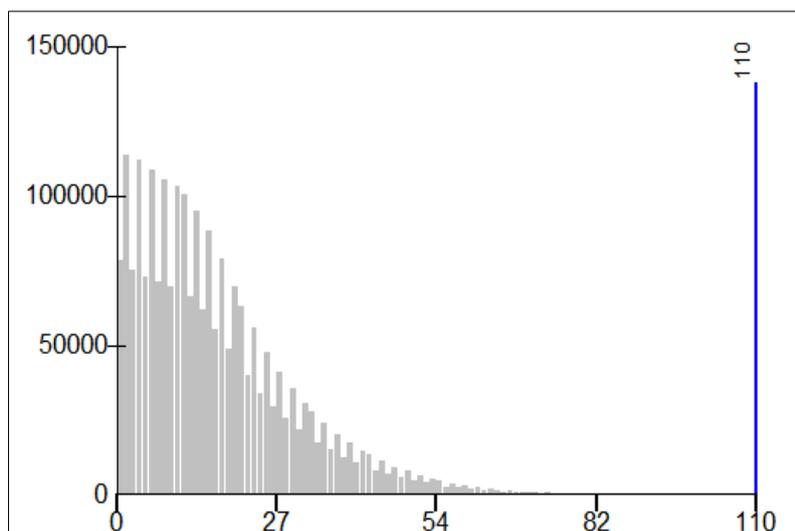


Figura 4. 5. Mapa de pendiente de la Provincia de Manabí.



**Gráfico 4. 2.** Pendiente de Manabí

Se obtuvo los valores de pendiente que de acuerdo con Gráfico 4. 3. La pendiente de Manabí es de 0 – 108% y las mayores rango fluctúan entre 0 – 54 % en la mayor parte de la provincia.

#### 4.2. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS

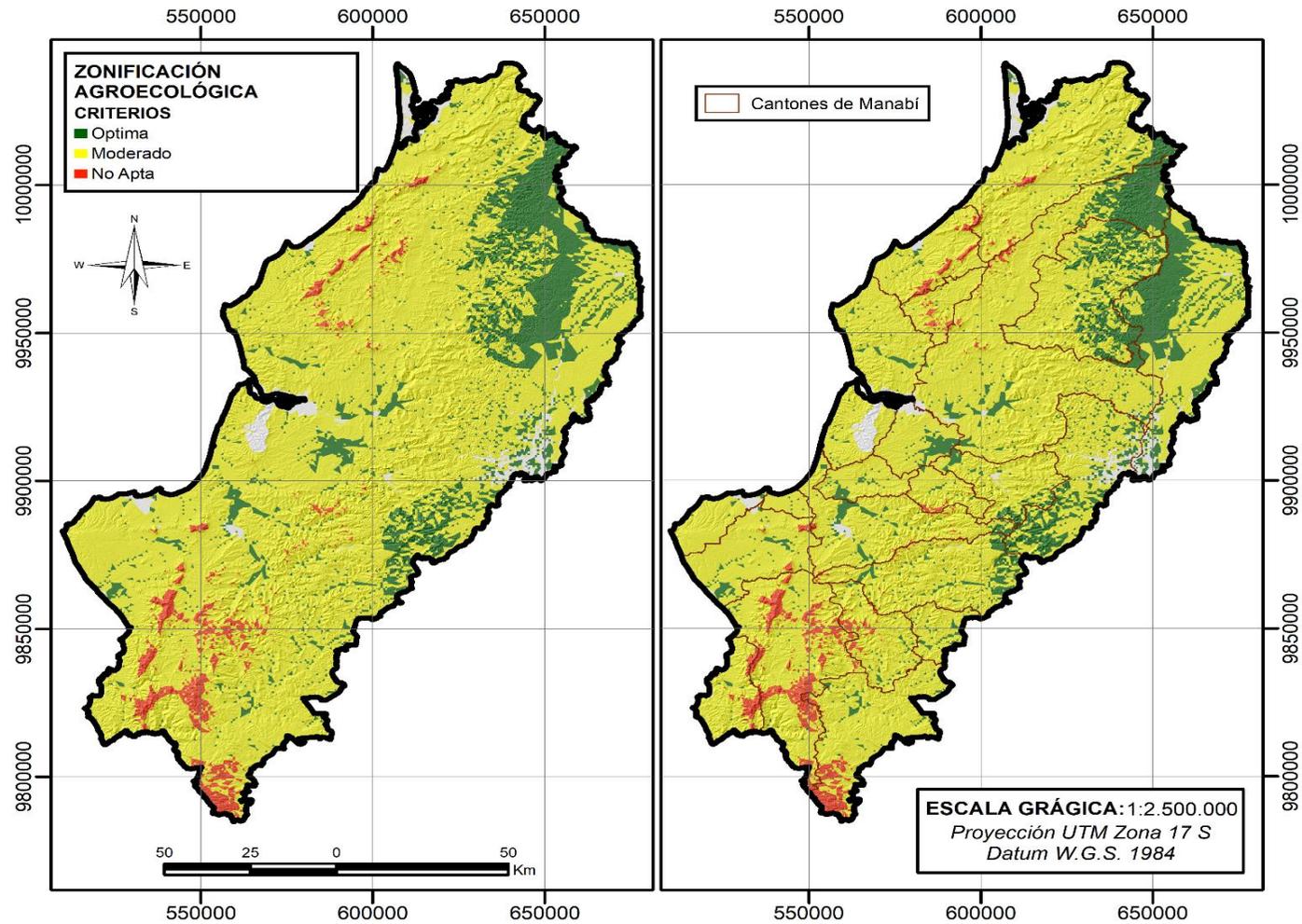


Figura 4. 6. Mapa de zonificación Agroecológica del cultivo de plátano (musa paradisiaca).

Cuadro 4. 4. Área y porcentajes de zonas para el cultivo de plátano.

CRITERIOS	ÁREA	%
	km <sup>2</sup>	
Optima	2653,91	14,09%
Moderado	15489,03	82,26%
No Apta	686,46	3,65%

González (2015) indica que el cultivo de plátano (*Musa AAB*), representa un importante sostén para la socio-economía y seguridad alimentaria del país. Las principales variedades empleadas son Dominico y Barraganete. Para el año 2011 se reportan en el país un total de 144 981 ha de plátano, de las cuales 86 712 ha están bajo el sistema de monocultivo y 58 269 ha se encuentran asociadas con otros cultivos. En la figura 8 y la tabla 6, ilustra las zonas optimas, Moderado y no aptas para cultivo de *musa paradisiaca* de provincia de Manabí, Se distingue que el 82,26% equivalente a 15489,03 km<sup>2</sup> del territorio tiene condiciones moderadas, el 14, 09% equivalente 2653,91km<sup>2</sup> zonas optimas y solo el 3,65% equivalente a 686,46 km<sup>2</sup> son zonas no aptas para implantar el cultivo de *musa paradisiaca*. (IMPERIO, 2014) menciona que en el Ecuador se siembran aproximadamente 350.000 hectáreas de plátano (*Musa paradisiaca*), de las cuales se estima que aproximadamente el 35% es Barraganete (HORN PLANTAIN) en este tipo existen triploides es decir con tres genomas tipos AABB Barraganete, ABB Simonds Dominico Hartón, AAB Dar Hartón Curare Enano cerca del 40% de esta superficie es plátano Dominico que es un tetraploide y es un plátano tradicionalmente el plátano ha sido un cultivo de asociación para materiales de cacao y café y en huertos caseros sin mayor normativa de manejo productivo o técnico, sin embargo constituye un alimento fundamental en la dieta de los pueblos de la costa. Asimo (Estrella, 2014) menciona que en Ecuador se cosechan mayoritariamente dos variedades de plátanos que son el dominico y el barraganete. En la zona local del Guayas y Los Ríos se encuentra la producción de dominico. En toda la zona de Santo Domingo y en Manabí Cantón “El Carmen” está dedicado al cultivo y exportación de barraganete. En la siguiente tabla se puede distinguir el porcentaje y el área por cantones. El Carmen, Flavio Alfaro y pichincha tiene las mayores hectáreas y porcentajes se suelos óptimos, mientras que todos los cantones de Manabí presentan condiciones moderadas,

mientras que jipijapa, Pajan y Puerto López tiene los porcentajes más notorios de suelos no óptimos.

**Cuadro 4. 5.** Área y porcentajes de zonas para el cultivo de plátano por cantones.

CANTÓN	OPTIMO		MODERADO		NO APTO	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
24 DE MAYO	24,97	4,75%	465,13	88,54%	35,23	6,71%
BOLIVAR	70,62	13,30%	459,51	86,56%	0,70	0,13%
CHONE	508,08	16,82%	2490,23	82,42%	22,93	0,76%
EL CARMEN	685,65	41,84%	953,07	58,16%	0,00	0,00%
FLAVIO ALFARO	421,21	31,27%	925,69	68,73%	0,00	0,00%
JAMA	10,51	1,86%	507,63	89,92%	46,38	8,22%
JARAMIJO	3,06	3,20%	92,57	96,80%	0,00	0,00%
JIPIJAPA	17,13	1,17%	1144,23	78,22%	301,50	20,61%
JUNIN	9,81	3,99%	225,72	91,70%	10,61	4,31%
MANTA	6,03	2,29%	256,62	97,71%	0,00	0,00%
MONTECRISTI	51,73	7,05%	667,39	91,00%	14,30	1,95%
OLMEDO	24,89	9,91%	226,38	90,09%	0,00	0,00%
PAJAN	39,44	3,66%	918,76	85,22%	119,91	11,12%
PEDERNALES	130,69	7,43%	1596,72	90,73%	32,42	1,84%
PICHINCHA	273,87	27,51%	721,80	72,49%	0,00	0,00%
PORTOVIEJO	87,02	9,22%	842,50	89,27%	14,25	1,51%
PUERTO LOPEZ	6,66	1,58%	362,43	86,03%	52,20	12,39%
ROCAFUERTE	28,90	10,33%	250,31	89,47%	0,57	0,20%
SAN VICENTE	34,28	5,03%	647,32	94,96%	0,09	0,01%
SANTA ANA	138,29	13,53%	873,62	85,49%	9,97	0,98%
SUCRE	9,88	1,71%	543,19	94,00%	24,79	4,29%
TOSAGUA	62,53	18,00%	284,93	82,00%	0,00	0,00%

#### 4.3. VALIDACION DEL MAPA DE ZONIFICACION AGROECOLOGICA MEDIANTE DATOS GENERADOS POR GEORREFERENCIACION

De acuerdo a la zonificación realizada El Carmen, Flavio Alfaro y pichincha tiene las mayores hectáreas y porcentajes se suelos óptimos, mientras que todos los cantones de Manabí presentan condiciones moderadas, mientras que Jipijapa, Pajan y Puerto López tiene los porcentajes más notorios de suelos no óptimos. En el siguiente cuadro se ilustran las coordenadas referenciadas.

**Cuadro 4. 6.** Datos georreferenciados en los cantones de Manabí.

ID	COORDENADAS UTM		CANTONES
	X	Y	
1	625564,87	9980158,26	FLAVIO ALFARO
2	634891,45	9974469,7	FLAVIO ALFARO
3	637734,51	9978534,33	FLAVIO ALFARO
4	654338,36	9966267,6	EL CARMEN

5	650766,48	9950260,28	EL CARMEN
6	663863,38	9947879,03	EL CARMEN
7	627953,73	9906150,82	PICHINCHA
8	622286,21	9889291,86	PICHINCHA
9	622075,58	9884872,56	PICHINCHA
10	572634,97	9954886,21	SAN VICENTE
11	576341,79	9940646,31	SAN VICENTE
12	571584,57	9936754,28	SAN VICENTE
13	590772,09	9963158,74	SUCRE
14	585279,25	9956915,88	SUCRE
15	560075,18	9923855,82	SUCRE
16	587535	9916475	TOSAGUA
17	587535	9916475	TOSAGUA
18	586972	9915061	TOSAGUA
19	646268,56	9994445,79	CHONE
20	642167,51	9990741,61	CHONE
21	607774	9931291	CHONE
22	594154	9906213	BOLIVAR
23	592429	9906128	BOLIVAR
24	594088	9905082	BOLIVAR
25	590830	9902529	JUNIN
26	589649	9899102	JUNIN
27	586831	9897130	JUNIN
28	561596,53	9901300,04	ROCAFUERTE
29	565476,22	9896795,06	ROCAFUERTE
30	560925,37	9895398,06	ROCAFUERTE

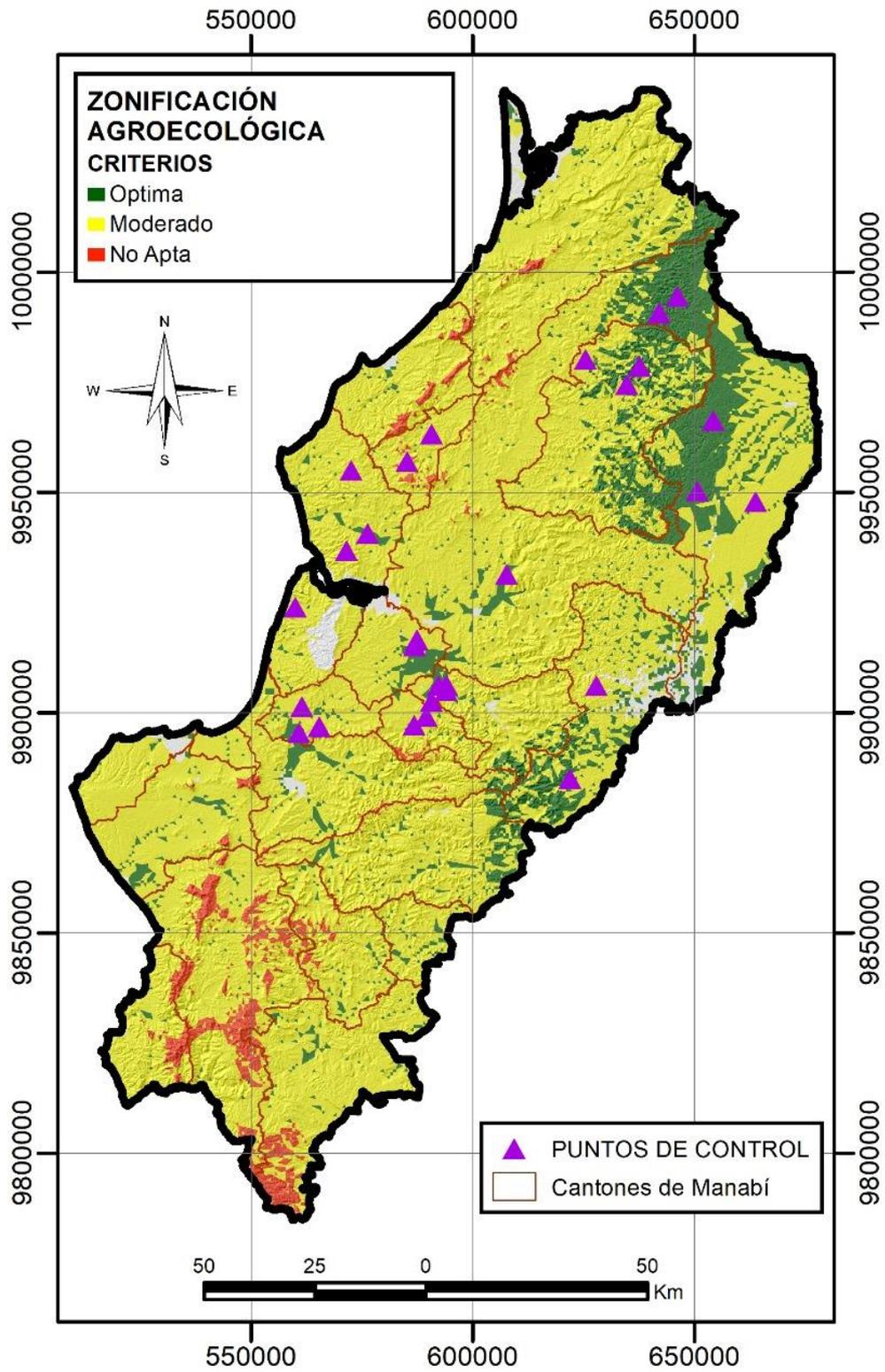


Figura 4. 7. Mapa de Validación de puntos del zonificación agroecológica.

<b>CHECK LIST</b>																	
<b>CARACTERÍSTICAS GEODPOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS</b>									<b>RANGO ÓPTIMO</b>			<b>RANGO MODERADO</b>			<b>RANGO NO APTO</b>		
									ISOTERMA	20°C y 30°C		30°C y 35°C			Mayor a 35 °C		
<b>PUNTOS DE CONTROL</b>									ISOYETA	1800 y 3600 mm		1200 a 1800 mm y 3600 a 4600 mm			Menos a 1200 mm y mayor 4600 mm anuales		
									TEXTURA	Franco, franco limosa, franco arcilloso limosa, franco arenosa fina		Texturas finas (menor a 60% de arcilla)			Texturas muy finas o moderadamente gruesas		
<b>COORDENADAS UTM</b>			<b>DATOS GENERADOS POR LA GEOREFERENCIACIÓN</b>						ELEVACION	0 a 400 msnm		400 a 800 msnm			800 msnm		
									PENDIENTE	0 a 3%		3 a 8%			Superiores a 8%		
ID	X	Y	CANTONES	ISOTERMA	ISOYETA	TEXTURA	ELEVACIONES	PENDIENTE	SI	NO	N/A	SI	NO	N/A	SI	NO	N/A
1	625564,87	9980158,26	FLAVIO ALFARO	25	1625	FINA	214	5,58				X					
2	634891,45	9974469,7	FLAVIO ALFARO	25	2250	MEDIA	423	23,62	X								
3	637734,51	9978534,33	FLAVIO ALFARO	25	1758	MEDIA	387	21,78	X								
4	654338,36	9966267,6	EL CARMEN	25	2750	MEDIA	176	22,51	X								
5	650766,48	9950260,28	EL CARMEN	25	2250	MEDIA	151	6,12	X								
6	663863,38	9947879,03	EL CARMEN	25	2250	MODERADAMENTE GRUESA	173	4,43				X					
7	627953,73	9906150,82	PICHINCHA	25	1625	FINA	239	6,12				X					
8	622286,21	9889291,86	PICHINCHA	25	2250	FINA	111	9,02	X								
9	622075,58	9884872,56	PICHINCHA	25	2250	MEDIA	108	20,72	X								
10	572634,97	9954886,21	SAN VICENTE	25	625	MEDIA	329	20,67				X					
11	576341,79	9940646,31	SAN VICENTE	25	625	MEDIA	38	1,88	X								
12	571584,57	9936754,28	SAN VICENTE	25	625	MEDIA	104	1,71				X					

13	590772,09	9963158,74	SUCRE	25	875	FINA	124	31,5				X					
14	585279,25	9956915,88	SUCRE	25	625	FINA	466	8,89							X		
15	560075,18	9923855,82	SUCRE	25	250	FINA	207	42,75				X					
16	587535,00	9916475,00	TOSAGUA	25	875	MEDIA	21	0	X								
17	587535,00	9916475,00	TOSAGUA	25	875	MEDIA	21	0	X								
18	586972,00	9915061,00	TOSAGUA	25	875	FINA	8	1,03	X								
19	646268,56	9994445,79	CHONE	25	2250	MEDIA	168	29,48	X								
20	642167,51	9990741,61	CHONE	25	2250	MEDIA	274	26,1	X								
21	607774,00	9931291,00	CHONE	25	1375	MEDIA	33	1,03				X					
22	594154,00	9906213,00	BOLIVAR	25	1125	MEDIA	18	1,15				X					
23	592429,00	9906128,00	BOLIVAR	25	1125	MEDIA	22	0,96	X								
24	594088,00	9905082,00	BOLIVAR	25	1125	FINA	36	15,33				X					
25	590830,00	9902529,00	JUNIN	25	875	FINA	31	1,73				X					
26	589649,00	9899102,00	JUNIN	25	875	MEDIA	38	0,76	X								
27	586831,00	9897130,00	JUNIN	25	875	MEDIA	54	0,6				X					
28	561596,53	9901300,04	ROCAFUERTE	25	250	MODERADAMENTE GRUESA	20	5,17				X					
29	565476,22	9896795,06	ROCAFUERTE	25	625	FINA	178	24,11				X					
30	560925,37	9895398,06	ROCAFUERTE	25	625	MEDIA	20	2,78	X								

De acuerdo a la Check List y las coordenadas geográficas referenciada. Se ilustra que los cinco primeros cantones Flavio Alfaro, El Carmen, Pichincha, Tosagua y Chone cumplen con las características geodológicas y geomorfológicas de los rangos óptimos de la zonificación del plátano (*Musa Paradiseaca*). Mientras que los cantones San Vicente, Bolívar, Junín y Rocafuerte cumplen con rangos moderados establecidos en la zonificación. Sin embargo, el cantón Sucre en el punto referenciado no cumple con las características moderadas como lo indica el mapa, tendiendo a cumplir características no óptimas

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La aplicación de metodología multicriterio y Sistema de información geográfica apporto a la zonificación agroecológica del cultivo de plátano musca paradiseaca, permitiendo la delimitación de superficies optimas, moderadas y no aptas
- La zonificación agroecológica del musca paradiseaca, es un estudio técnico que aportara a los planes de ordenamientos territorial de la provincia planificación adecuada de las zonas productivas y así promover el uso eficiente del suelo para lograr la sostenibilidad

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Emplear la metodología multicriterio para la zonificación agroecológica de los cultivos de mayor importancia económica del ecuador
- Utilizar la información del trabajado realizado como un aporte al proyecto de reactivación agropecuaria propuesto por el Ministerio de agricultura Ganadería Acuacultura y pesca.
- Realizar zonificación agroecológica en otros cultivos de importancia económica en la provincia de Manabí.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D., Ayala, O., Castro, J., Cobos, M. y Tapia, G. 2014. Zonificación agroecológica económica del cultivo de maíz duro (*Zea mays*) EN EL Ecuador a escala 1:250.00. Quito, Ecuador.
- Aguilar, D., Ayala, O., Castro, J., Cobos, M., & Tapia, G. (2014). ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO (*Zea mays*) EN EL ECUADOR A ESCALA 1:250.00. Quito, Ecuador.
- Aguirre, M., Castaño, J., & Zuluaga, L. (1998). Método rápido de diagnóstico de *Mycosphaerella musicola* Leach y *M. fijiensis* Morelet, agentes causales de la sigatoka amarilla y sigatoka negra. *Infomusa*, 8(2), 7-10.
- Altieri, D., & Nicholls, K. (2000). Agroecología. Teoría y práctica por una agricultura sustentable. México: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente.
- Altieri, M. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios. Argentina: Ediciones Científicas Americanas.
- Araya, J., Álvarez, S., Fuentes, G., Velázquez, M., Fallas, M., & Rojas, P. (2007). *mag.go.cr*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10317.pdf>
- Armendáriz, I. (2015). Cultivo del plátano en Ecuador. Control de plagas. Quito: ESPE.
- Caporal, F., & Costabeber, J. (2002). Análise multidimensional da sustentabilidade. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 3(3), 70-85.
- Carbonell, J., Amaya, B., Ortiz, J., Torres, R., Quintero, R., & Isaacs, H. (2001). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el Valle del río Cauca. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia(29), 1-19.
- Cardona, C., & Restrepo, A. (2013). Herramientas de control, lista de chequeo. . Obtenido de <http://puntosdeencuentro.weebly.com>
- Carmona, J., & Monsalve, R. (2000). Sistemas de Información Geográfica.
- Cartaya, S., Zurita, S., & Rodríguez, E. (2015). Clasificación supervisada para la selección de zonas de muestreo de especies cinegéticas en el Refugio de Vida Silvestre, Marino y Costero Pacoche, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Investigación*, 39(85), 10-14.
- Cengicaña, D. (2004). Avances del proyecto de zonificación agroecológica en la zona cañera de Guatemala. Guatemala: Zafra.
- Chuvieco, S. (2002). Teledetección ambiental. España.
- Código Orgánico Ambiental. (2017). CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. Ecuador.
- Cruz, B., & Sotelo, R. (2013). Coupling spatial multiattribute analysis and optimization to identify reforestation priority areas. *Mountain Resort Planning & Development*, 33(1), 29-39.

- Darts, F. (2012). *Agricultura Sustentable una Perspectiva Moderna*. USA: Vicepresidente ejecutivo de Potash and Phosphate Institute.
- Díaz, H., Plascencia, R., Arteaga, R., & Vázquez, P. (2000). Estudio y zonificación agroclimáticos en la región Los Altos de Chiapas, México. *Investigaciones Geográficas*(42), 7-27.
- Espinoza, M., Andrade, E., Rivera, P., & Romero, A. (2011). DEGRADACIÓN DE SUELOS POR ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÈXICO. *Papeles de Geografía*, 53, 77-88.
- Estrella, Y. A. (2014). PRODUCCIÓN DE PLÁTANO EN LAS UTILIDADES DE LOS PRODUCTORES DEL SECTOR AGRARIO DEL CANTÓN MILAGRO. Obtenido de <http://oaji.net/articles/2017/5813-1515009319.pdf>
- FAO. (1978). Report on the Agro-ecological zones project. *World soils resources*, 48, 1-9.
- FAO. (1997). *Zonificación agro-ecológica. Guía general*. Roma, Italia: Dirección de Fomento de Tierras y Aguas.
- FAO. (2013). *EL MANEJO DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS*. MAG.
- Fermín, W., & Crespo, D. (2009). slideshare.net. Obtenido de [https://es.slideshare.net/elcajibgalense/proyecto-siembra-intensiva-y-comercializacin-de-platanos?next\\_slideshow=1](https://es.slideshare.net/elcajibgalense/proyecto-siembra-intensiva-y-comercializacin-de-platanos?next_slideshow=1)
- Fernández, P., & Sumano, L. (1992). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica*. Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- FHIA. (2007). Bananos y plátanos de la FHIA para la seguridad alimentaria. *FHIA Informa*, 15(1), 6-8.
- Fierro, F. (2016). repository.lasalle.edu.co. Obtenido de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21720/46122003\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21720/46122003_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- François, J., Díaz, J., & Pérez, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Revista de Investigaciones Geográficas*(51), 53-72.
- Galindo, G., Contreras, C., & Olvera, L. (2009). Metodología para determinar zonas de peligro al ataque de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) apoyados en sensores. México: Serie Libros de Investigación.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. . Santiago de Chile: CEPAL.
- Geneletti, D. (2007). Expert panel-based assessment of forest landscapes for land use planning. *Mountain Resort Planning & Development*, 27, 220-223.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. . Turrialba: CATIE.
- González, H., & Hernández, J. (2016). Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. *Investigaciones geográficas*(90), 8-11.

- González, I. A. (2015). "Cultivo del plátano en Ecuador, control de plagas". Obtenido de [https://www.icia.es/icia/download/noticias/Presentacion\\_Ignacio\\_Armendariz.pdf](https://www.icia.es/icia/download/noticias/Presentacion_Ignacio_Armendariz.pdf)
- Goodwin, P., & Wright, G. (2014). *Decision analysis for management judgment*. New York, USA: John Wiley & Sons, Chichester.
- Guerrero, M. (2010). *GUIA TECNICA DEL CULTIVO DEL PLATANO*. El Salvador: CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Y FORESTAL "Enrique Alvarez Córdova".
- Guzmán, G., González, M., & Sevilla, E. (2000). *Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid, España: Ediciones MundiPrensa.
- Harker, P., & Vargas, L. (1990). Reply to remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36(3), 269-273.
- Herrera, M., & Colonia, L. (2011). *MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE PLÁTANO*. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA .
- IMPERIO, D. C. (2014). *MANEJO DE PROCESOS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>
- Jiménez, A., Vargas, V., Salinas, W., & Aguirre, R. D. (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones geográficas*(53), 8-11.
- Jiménez, A., Vargas, V., Salinas, W., Aguirre, M., & Rodríguez, D. (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Boletín Investigaciones Geográficas*, 53, 58-75.
- Kangas, J., & Kangas, A. (2005). Multiple criteria decision support in forest management- the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*(207), 133-143.
- Kiker, G., Bridges, T., Varghese, A., Seager, T., & Linkov, I. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1, 95-108.
- Lasso, B., Cruz, G., & Haro, R. (2014). Zonificación agroecológica de tres cultivos estratégicos (MAÍZ, *Zea mays* L.; ARROZ, *Oryza sativa* L.; CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum* L.) En 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas. *Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN)*, 7.
- León, C., & Quiroz, G. (1994). *Análisis de sistemas agropecuarios*. La Paz, Bolivia: CIRNMA – CONDESAN.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Marin, F., Carvalho, G., & Assad, E. (2009). Eficiência da produção agrícola de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre as safras 1990/1991. Brasil: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.
- Masera, O., Astier, M., & López, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de Recursos Naturales*. México: Mundi-Prensa México, S.A.

- McMichael, P. (2005). *Global Development and the Corporate Food Regime*. Londres: New Directions in the Sociology of Global Development .
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). *BOLETÍN SITUACIONAL PLÁTANO*. Ecuador: MAGAP.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Zonificación agroecológica de cultivos en condiciones naturales en el Ecuador* . Ecuador: INIAP.
- Montagnini, F. (1992). *Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. . San José-Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales.
- Murphy, S., Burch, D., & Clapp, J. (2012). *El lado oscuro del cereal. Las mayores comercializadoras del mundo y la agricultura mundial*.
- Nozica, G., Herique, M., & Porcel, R. (1997). *Sistemas de Información Geográfica*.
- PDOT, P. d. (OCTUBRE de 2012). "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000". Obtenido de EVALUACIÓN DE LAS TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO : [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/MANABI/BOLIVAR/IEE/MEMORIAS\\_TECNICAS/mt\\_bolivar\\_capacidad\\_uso\\_de\\_las\\_tierras.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/BOLIVAR/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_bolivar_capacidad_uso_de_las_tierras.pdf)
- Peñarrieta, F., & Vlassco, L. (2018). *ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO PITAHAYA HYLOCEREUS UNDATUS, EN LA PROVINCIA DE MANABÍ*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Perales, H. (2009). Maíz riqueza de México. *Ciencia*, 92(93), 46-55.
- Pérez, M., Morales, I., & Castro, E. (2017). The hour equivalent solar pick, definition and interpretation. *Ingeniería Energética*, XXXVIII(2), 124-131.
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., Cabrera, A., Martín, G., & Fernández, L. (2016). RESPUESTA DEL CULTIVO DEL PLÁTANO A DIFERENTES PROPORCIONES DE SUELO Y BOCASHI, COMPLEMENTADAS CON FERTILIZANTE MINERAL EN ETAPA DE VIVERO. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 166-174.
- Rendón, R. (2004). *Evaluación comparativa de sustentabilidad en sistemas agrícolas convencionales, mixtos y orgánicos de México*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rodríguez, B., & Jiménez, C. (2007). Uso de indicadores en el análisis sobre control de plagas y enfermedades. *Tecnología en Marcha*, 20(4), 8-23.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Madrid, España: Alianza Editorial S. A.
- Saavedra, J. L. (2015). Aspectos socioeconómicos del cultivo. *INFOMUSA*, 5-9.
- Sabroso, M. (2004). *Guía sobre suelos contaminados*. Zaragoza: Gobierno de Aragon.
- Sánchez, J. (2016). Analisis de Calidad Catografica mediante el estudio de matriz de confusion. *Revista de investigación*, VI, 11.
- Sánchez, P. (1995). Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 20, 5-55.

- Sanchez, R. (2010). El Análisis multicriterio en la práctica deseamos contribuir a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica del análisis. Colombia.
- Santana, H. A. (2016). Zonificación agroecológica del Coffea arabica en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. Investigaciones Geográficas, 90 - 91.
- Sepúlveda, S. (2002). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. Colombia: IICA.
- Suárez Venero, G. M. (2014). APUNTES SOBRE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS CULTIVOS. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 36-44.
- Torres, R., Andrade, R., Tirado, D., & Acevedo, D. (2015). INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ EN LA FIRMEZA DEL PLÁTANO HARTÓN (Musa AAB Simmonds). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 18(2), 563-567.
- Ulloa, S. (2012). MANUAL DEL CULTIVO DE PLÁTANO DE EXPORTACIÓN. Quito: ESPE.
- Valente, R., & Vettorazzi, C. (2008). Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method. Forest Ecology and Management(256), 1408-1417.
- Valerie, B., & Steward, J. (2002). Multiple criteria decision analysis. Kluwer Academic Publisher. United Kingdom.
- Valerie, B., & Steward, T. (2002). Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Kluwer Academic Publisher. United Kingdom.
- Villa, C., Inzunza, M., & Catalán, E. (2001). Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. Tierra, 19(1), 1-7.
- Wood, S., Kate, S., & Scherr, S. (2000). Pilot analysis of global ecosystems. United States of America: World Resources Institute.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Área de muestreo



Anexo 2. Visita de los puntos muestrales.



## Anexo 3. Coordenadas de los puntos de muestreo en Junín.

