



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SENSIBILIDAD SOBRE LA  
DESERTIFICACIÓN EN LA PROVINCIA DE EL ORO A PARTIR DEL AÑO 1990  
HASTA 2020”

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniera Ambiental

AUTORAS: CRISTINA GERALDINE GONZÁLEZ SUQUILANDA  
JOAN STEPHANY PRECIADO ARMIJOS  
TUTOR: ING. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotras, Cristina Geraldine González Suquilanda con documento de identificación N° 0705752244 y Joan Stephany Preciado Armijos con documento de identificación N° 0706987476; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 12 de julio del 2022

Atentamente,



---

Cristina Geraldine González Suquilanda

0705752244



---

Joan Stephany Preciado Armijos

0706987476

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Cristina Geraldine González Suquilanda con documento de identificación N° 0705752244 y Joan Stephany Preciado Armijos con documento de identificación N° 0706987476, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Trabajo Experimental: “Análisis multitemporal de la sensibilidad sobre la desertificación en la provincia de El Oro a partir del año 1990 hasta 2020”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 12 de julio del 2022

Atentamente,

---

Cristina Geraldine González Suquilanda

0705752244

---

Joan Stephany Preciado Armijos

0706987476

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Fredi Leonidas Portilla Farfán con documento de identificación N° 0102824331, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SENSIBILIDAD SOBRE LA DESERTIFICACIÓN EN LA PROVINCIA DE EL ORO A PARTIR DEL AÑO 1990 HASTA 2020”, realizado por Cristina Geraldine González Suquilanda con documento de identificación N° 0705752244 y por Joan Stephany Preciado Armijos con documento de identificación N° 0706987476, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 12 de julio del 2022

Atentamente,



---

Ing. Fredi Leonidas Portilla Farfán, Ph.D.

0102824331

## DEDICATORIA

*A Dios por entregarme la sabiduría y paciencia en este camino, a mis padres Stalin y*

*Amparito por ser incondicionales gracias padres míos, a mi hija Emilia que es mi fuerza para lograrlo todo, mi inspiración y mi tierra firme, a mi sobrina Hanna por ser mi alegría y mi constancia las princesas de mi corazón, mis hermanos Cristhian, Erick, Sebastián y Mateo, por enseñarme que el amor traspasa ciudades por correr a salvarte.*

*A mi padrastro Jonathan Jaramillo por demostrarme que el amor no implica ser de sangre. Mi cuñada Rosita por convertirse en una hermana y confidente. Mis ángeles del cielo que guían mis pasos y solo agradecer por hasta el último momento apoyar mi carrera.*

*Es un privilegio llamarte amiga a ti, Joan Preciado gracias por apoyarme y ayudarme cuando más necesitaba, siempre te quedaré inmensamente agradecida, espero que Dios y la vida te recompense todo el amor que das. En fin, mis amigos que me han apoyado convirtiéndose en hermanos que Dios te regala.*

*La universidad es un lujo para muchas personas que intentamos superarnos y lo que nos lleva a formarnos como profesionales, pero sobre todo a ser una persona con valores. Entre ese ambiente conoces amistades que se convierten en un apoyo constante y una habilidad para confiar, gracias a todas las personas que intervinieron en mi vida y gracias también por haber cumplido su ciclo, agradezco por cada enseñanza que hoy por hoy me han ayudado a ser una persona con sabiduría y perseverancia.*

*Gracias por cada granito que aportaron y la fe que pusieron en mí, que Dios me regale el tiempo para recompensarles todo el esfuerzo.*

*Gracias Dios, gracias familia.*

*Un beso al cielo.*

*Cristina Geraldine González Suquilanda*

## **DEDICATORIA**

*Al concluir esta etapa de mi vida quiero dedicar esta tesis primero a Dios por estar conmigo en cada paso que doy e iluminar mi camino.*

*Gracias a mi madre Teresa Armijos por ser la principal promotora de mis sueños, por cada día confiar y creer en mí, y por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi hermana Josselyn y mi cuñado por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento y que ellos también cumplan todos sus propósitos.*

*A mi abuelita y bisabuelita por ser un pilar importante en mi niñez por su amor y su cuidado. A mi padre Jorge por sus consejos y ayuda en muchos momentos complicados.*

*A mi compañera de tesis y gran amiga Cristina que Dios la bendiga siempre y permita que alcancen todos sus sueños.*

*No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.*

*A todos los Docentes por sus enseñanzas en mi vida universitaria deseándoles lo mejor en su camino.*

*Con amor Joan Stephany Preciado Armijos.*

## AGRADECIMIENTOS

*Es un lujo y privilegio agradecer a Dios por habernos permitido terminar este proceso regalándonos el don de la paciencia y perseverancia para no rendirnos.*

*Gracias a los docentes que pusieron su granito de arena en este proyecto de titulación en especial para el Dr. Fredi Portilla, quién ha sido en toda su trayectoria un docente ejemplar y exigente lo que agradecemos por su constancia y dedicación en nosotras.*

*A los ingenieros Fredy Once, Bolívar Montesinos entidades del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) sede Cuenca, por su colaboración y amistad por recordarnos que la enseñanza nunca termina.*

*A la ingeniera Estefanía Avilés por su contribución en este proceso, gracias por su experiencia.*

*Finalmente, al Ingeniero Juan Troya por haber aportado con grandes consejos dejando una excelente amistad para toda la vida.*

*Gracias a nuestros padres que sin ellos no sería nada esto posible.*

*Gracias infinitas.*

*Cristina y Joan*

## RESUMEN

El presente trabajo tiene base en la comprensión de un análisis multitemporal de la sensibilidad sobre la desertificación en la provincia de El Oro, comprendiendo la productividad por la cual se caracteriza la provincia y los recursos que esta ofrece al sector económico del país. El objetivo principal fue realizar un diagnóstico multitemporal de la sensibilidad sobre la desertificación en la Provincia De El Oro a partir del año 1990 hasta 2020. La metodología elegida en este trabajo fue la utilización de imágenes satelitales mediante Landsat 7 y 8, con softwares ENVI y ArcMap 10.8, consiguiendo la división del uso de suelo, para la variación climática se utilizó datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI), mediante estudio de los parámetros de temperatura, precipitación y evaporación. Finalmente, con la ayuda de la matriz de confusión se corroboró la validez del estudio en campo obteniendo el 93% de confiabilidad en el año del 2020 y la matriz de transición el porcentaje de cambio, según los datos obtenidos el cambio total durante los 30 años de estudio fue de 32,13% que sufrió transformación en el suelo, frente al 67,86%. En conclusión, la sensibilidad sobre la desertificación en la provincia durante el tiempo de estudio, tuvo de enfoque en los cantones de Machala, Chilla, Balsas, Pasaje y el Guabo con 277383,25 ha, considerados como los más susceptibles en niveles altos, por el contrario, la susceptibilidad baja se encuentra en los cantones de Arenillas, Las Lajas, Marcabelí y Portovelo con un total de 130458,37 ha. Y por último la susceptibilidad media reflejados en los cantones de Atahualpa, Piñas, Zaruma y Huaquillas con 166445,78 ha.

**Palabras claves:** desertificación, análisis multitemporal, uso de suelo, variación climática, imágenes satelitales.

## ABSTRACT

The present work is based on the understanding of a multi-temporal analysis of the sensitivity of desertification in the province of El Oro, including the productivity by which the province is characterized and the resources it offers to the country's economic sector. The main objective was to carry out a multi-temporal diagnosis of the sensitivity of desertification in the Province of El Oro from 1990 to 2020. The methodology chosen in this work was the use of satellite images using Landsat 7 and 8, with ENVI and ArcMap software. 10.8, achieving the division of land use, for climatic variation, the data obtained from the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAHMI) was obtained, through a study of the parameters of temperature, precipitation and evaporation. Finally, with the help of the confusion matrix, the validity of the field study was corroborated, obtaining 93% reliability in the year 2020 and the transition matrix the percentage of change, according to the data obtained, the total change during the 30 years. study was 32.13% who underwent transformation on the ground, compared to 67.86%. In conclusion, the sensitivity of desertification in the province during the study period focused on the cantons of Machala, Chilla, Balsas, Pasaje and Guabo with 277,383.25 ha, considered the most susceptible at high levels, due to on the contrary, low susceptibility is found in the cantons of Arenillas, Las Lajas, Marcabelí and Portovelo with a total of 130,458.37 ha. And finally, the average susceptibility reflected in the cantons of Atahualpa, Piñas, Zaruma and Huaquillas with 166,445.78 ha.

**Keywords:** desertification, multi-temporal analysis, land use, climatic variation, satellite images.

## Contenido

1. INTRODUCCION .....	18
1.1. Problema .....	18
1.2. Delimitación.....	20
1.2.1. Delimitación En Tiempo De Estudio.....	20
1.2.2. Delimitación Geográfica.....	20
1.3. Descripción Del Problema .....	21
1.4. Justificación Del Problema .....	22
1.4.1. Ámbito Académico.....	23
1.4.2. Ámbito Económico.....	23
1.4.3. Ámbito Social.....	24
1.4.4. Ámbito científico.....	24
1.5. Objetivos.....	24
1.5.1. Objetivo General.....	24
1.5.2. Objetivos Específicos .....	25
2. MARCO TEORICO.....	25
2.1. Uso Y Cobertura Del Suelo .....	25
2.2. Cambios de cobertura vegetal.....	25
2.3. Condiciones climáticas que influyen cambios de uso de suelo .....	27
2.3.1. Clima .....	27
2.3.2. Lo que origina el clima.....	28
2.3.3. Elementos del Clima.....	29
2.3.4. Temperatura.....	29
2.3.5. Humedad.....	30
2.3.6. Precipitación .....	31
2.3.7. Evaporación.....	33
2.4. Teledetección .....	33
2.4.1. Métodos de verificación para estudios teledetección.....	34
2.4.2. Sistemas de teledetección .....	35
2.4.3. Teledetección satelital .....	36
2.4.4. Ventajas de la teledetección .....	36
2.5. ENVI.....	36
2.5.1. Imágenes satelitales .....	37
2.5.2. Landsat .....	40
2.5.3. Correcciones Atmosféricas.....	42

2.5.4.	Correcciones Topográficas .....	42
2.5.5.	Corrección Radiométrica .....	43
2.6.	Desertificación en el Ecuador .....	43
3.	METODOLOGIA .....	45
3.1.	Delimitación Del Área De Estudio .....	45
3.2.	Elaboración De Mapas Cambio De Uso De Suelo .....	46
3.2.1.	Adquisición De Imágenes Satelitales .....	46
3.2.2.	Correccion de imágenes satelitales.....	47
3.2.3.	Identificación de regiones de interés .....	50
3.2.4.	Generación de ROIS .....	52
3.2.5.	Clasificación de imágenes satelitales .....	53
3.2.6.	Agrupación de polígonos.....	54
3.3.	Determinación de parámetros mediante estaciones meteorológicas (INAHMI) 55	
3.3.1.	Obtención los datos de las estaciones meteorológicas .....	55
3.3.2.	Temperatura.....	56
3.3.3.	Evaporación.....	57
3.4.	Procesamiento para la obtención de mapas con variables meteorológicas.....	58
3.4.1.	Generación de puntos .....	58
3.4.2.	Aplicación de la herramienta IDW para la interpolación de valores.....	59
3.4.3.	Utilización de la herramienta contour .....	60
3.4.4.	Uso de sombras para la visualización.....	61
3.5.	Métodos de validación en campo.....	62
3.5.1.	Muestreo estratificado .....	62
3.6.	Mapa de validación de los puntos de muestreo de la Provincia de El Oro.....	64
3.6.1.	Matriz de transición .....	65
3.6.2.	Matriz de confusión.....	67
4.	RESULTADOS.....	69
4.1.	Análisis de los cambios de uso de suelo del año 1990 al 2020.....	69
4.1.1.	Cambio de uso de suelo de 1990 .....	70
4.1.2.	Cambio de uso de suelo de 2000 .....	72
4.1.3.	Cambio de Uso de suelo de 2010 .....	74
4.1.4.	Cambio de Uso de suelo de 2020 .....	76
4.2.	Análisis de las variables de incidencia en los procesos de desertificación.....	77
4.2.1.	Variación de la temperatura de 1990 al 2020 .....	78

4.2.2.	Variación de la precipitación de 1990 al 2020 .....	82
4.2.3.	Variación de la evaporación de 1990 al 2020.....	87
4.3.	Análisis del cambio de uso de suelo y parámetros de influencia en los procesos de desertificación .....	92
4.4.	Análisis de la sensibilidad a los procesos de desertificación .....	97
4.5.	Análisis de la validación de resultados .....	99
4.5.1.	Matriz de confusión del año 1990 al 2020 .....	100
4.5.2.	Matriz de transición del año 1990 al 2021 .....	102
5.	ALTERNATIVAS FRENTE A LOS PROCESOS DE DESERTIFICACION....	107
6.	PLAN DE ACCION.....	108
6.1.	Flora.....	108
6.2.	Fauna.....	110
6.3.	Agua.....	111
6.4.	Suelo .....	113
6.5.	Aire .....	115
6.6.	Social .....	117
7.	DISCUSION.....	118
8.	CONCLUSIONES .....	121
9.	RECOMENDACIONES .....	123
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	124
11.	ANEXOS	129

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	21
Mapa de ubicación de la provincia de estudio.....	21
<b>Figura 2</b>	39
Imagen multiespectral.....	39
<b>Figura 3</b>	40
Imágenes hiperspectrales .....	40
<b>Figura 4</b>	45
Mapa de ubicación de la provincia de El Oro .....	45
<b>Figura 5</b>	46
Adquisición de imágenes satelitales .....	46
<b>Figura 6</b>	47
Herramienta Gap Fill.....	47

<b>Figura 7</b>	48	
Herramienta Radiometric .....		48
<b>Figura 8</b>	49	
Herramienta Flash Atmosferic.....		49
<b>Figura 9</b>	50	
Imagen satelital corregida.....		50
<b>Figura 10</b>	51	
Combinación espectral .....		51
<b>Figura 11</b>	52	
Rois.....		52
<b>Figura 12</b>	53	
Índice de separabilidad.....		53
<b>Figura 13</b>	54	
Herramienta Select by Atributes.....		54
<b>Figura 14</b>	59	
Generación de puntos .....		59
<b>Figura 15</b>	60	
Herramienta IDW .....		60
<b>Figura 16</b>	61	
Generación de curvas de nivel.....		61
<b>Figura 17</b>	62	
Producción de sombras.....		62
<b>Figura 18</b>	63	
Herramienta Polygon to Raster.....		63
<b>Figura 19</b>	64	
Herramienta Accuracy Assesmente Points .....		64
<b>Figura 20</b>	64	
Mapa de validación.....		64
<b>Figura 21</b>	65	
Determinación de código.....		65
<b>Figura 22</b>	66	
Herramienta Intersect .....		66
<b>Figura 23</b>	66	
Herramienta Fied Calculator .....		66
<b>Figura 24</b>	67	

Herramienta Fied Calculator .....	67
<b>Figura 25</b> 68	
Función Compute Confusión Matrix.....	68
<b>Figura 26</b> 70	
Mapa uso de suelo 1990 .....	70
<b>Figura 27</b> 71	
Área de las zonas de interés del año 1990 (Ha).....	71
<b>Figura 28</b> 72	
Cambio de uso de suelo 2000 .....	72
<b>Figura 29</b> 73	
Área de las zonas de interés del año 2000 (Ha).....	73
<b>Figura 30</b> 74	
Cambio de uso de suelo 2010 .....	74
Área de las zonas de interés del año 2010 (Ha).....	75
<b>Figura 32</b> 76	
Cambio de uso de suelo 2020 .....	76
<b>Figura 33</b> 77	
Área de las zonas de interés del año 2020 (Ha).....	77
<b>Figura 34</b> 78	
Análisis de la temperatura del año 1990.....	78
<b>Figura 35</b> 79	
Análisis de la temperatura del año 2000.....	79
<b>Figura 36</b> 80	
Análisis de la temperatura del año 2010.....	80
<b>Figura 37</b> 81	
Análisis de la temperatura del año 2020.....	81
<b>Figura 38</b> 83	
Análisis de la precipitación del año 1990.....	83
<b>Figura 39</b> 84	
Análisis de la precipitación del año 2000 .....	84
<b>Figura 40</b> 85	
Análisis de la precipitación del año 2010.....	85
<b>Figura 41</b> 86	
Análisis de la precipitación del año 2020 .....	86
<b>Figura 42</b> 88	

Análisis de la evaporación del año 1990 .....	88
<b>Figura 43</b> 89	
Análisis de la evaporación del año 2000 .....	89
<b>Figura 44</b> 90	
Análisis de la evaporación del año 2010 .....	90
<b>Figura 45</b> 91	
Análisis de la evaporación del año 2020 .....	91
<b>Figura 46</b> 93	
Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 1990.....	93
<b>Figura 47</b> 94	
Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas del 2000.....	94
<b>Figura 48</b> 95	
Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 2010.....	95
<b>Figura 49</b> 96	
Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 2020.....	96
<b>Figura 50</b> 98	
Sensibilidad de la desertificación correspondiente al año 2020 .....	98
<b>Figura 51</b> 99	
Extensión territorial de las zonas sensibles a la desertificación .....	99
<b>Figura 52</b> 100	
Matriz de confusión del año 1990 .....	100
<b>Figura 53</b> 101	
Matriz de confusión del año 2000 .....	101
<b>Figura 54</b> 101	
Matriz de confusión del año 2010 .....	101
<b>Figura 55</b> 102	
Matriz de confusión del año 2020 .....	102
<b>Figura 56</b> 103	
Matriz de transición del año 1990 .....	103
<b>Figura 57</b> 104	
Matriz de transición del año 2000 .....	104
<b>Figura 58</b> 104	
Matriz de transición del año 2010 .....	104
<b>Figura 59</b> 105	
Matriz de transición del año 2020 .....	105

<b>Figura 60</b>	106
Área de cambio de 1990-2020.....	106
<b>Figura 61</b>	129
"San José" del cantón Portovelo.....	129
<b>Figura 62</b>	130
Cantón Piñas	130
<b>Figura 63</b>	130
Zona ganadera del Cantón El Guabo.....	130
<b>Figura 64</b>	131
Vía Huertas Cantón Zaruma.....	131
<b>Figura 65</b>	131
Cantón Atahualpa.....	131
<b>Figura 66</b>	132
Puerto Jelí.....	132
<b>Figura 67</b>	132
Cantón Santa Rosa.....	132
<b>Figura 68</b>	133
Rio Cune, vía Chilla.....	133
<b>Figura 69</b>	133
Mirador "San José" Portovelo.....	133
<b>Figura 70</b>	134
Visualización desde el mirador el sector minero.....	134
<b>Figura 71</b>	134
Cantón Chilla.....	134
<b>Figura 72</b>	135
Puerto Jelí.....	135
<b>Figura 73</b>	135
Las Lajas.....	135
<b>Figura 74</b>	136
Representación Molino en el cantón Portovelo.....	136
<b>Figura 75</b>	136
Cantón Huaquillas.....	136

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	20
Coordenadas de ubicación en la zona de estudio. ....	20
<b>Tabla 1</b>	41
Bandas de Landsat .....	41
<b>Tabla 2</b>	56
Datos meteorológicos de precipitación del año 1990 al 2020. ....	56
<b>Tabla 3</b>	57
Datos meteorológicos de temperaturas del año 1990 al 2020. ....	57
<b>Tabla 4</b>	58
Datos meteorológicos de evaporación del año 1990 al 2020. ....	58
<b>Tabla 5</b>	108
Plan de acción sobre la conservación de flora en la provincia de El Oro.....	108
<b>Tabla 6</b>	110
Plan de acción sobre la conservación de fauna en la provincia de El Oro .....	110
<b>Tabla 7</b>	111
Plan de acción de agua en la provincia de El Oro .....	111
<b>Tabla 8</b>	113
Plan de acción del suelo en la provincia de El Oro .....	113
<b>Tabla 9</b>	115
Plan de acción del aire en la provincia de El Oro.....	115
<b>Tabla 10</b>	117
Plan de acción social en la provincia de El Oro .....	117
<b>Tabla 11</b>	129
Formato de validación de puntos en campo .....	129

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. Problema**

Es de conocimiento que las zonas protegidas sin intervención humana en la antigüedad eran cubiertas por bosques, vegetación, entre varios componentes que garantizaban un ecosistema tangible, sin embargo, con el pasar del tiempo estas zonas se han transformado en zonas áridas y desérticas. Las labores de agricultura, ganadería sin control, la tala de árboles y el abuso del ser humano han causado y continúan deteriorando los suelos que antes eran destinadas para áreas productivas. Las extensiones de tierras de productividad hoy son consideradas como áreas degradadas y desertificadas lo que conlleva a un importante problema, donde se ven afectados 250 millones de personas en todo el mundo, por lo tanto, 169 países considerados forzado a efectos (Keller, 2013). Según el artículo publicado en el diario “El Comercio”, expresa que Ecuador es latente de esta realidad, representado con el 49% de zonas degradadas y un 22% en proceso de transformación en áreas desérticas (El Comercio, 2018).

La cuenca del río Jubones es considerada una zona que está en el proceso de desertificación, en vista de que esta cuenca integra las provincias de El Oro, Azuay y Loja. En cuanto a impactos ambientales a nivel nacional esta zona se ha convertido es un importante problema. Por otra parte, las provincias de Cotopaxi, Manabí, Tungurahua, Chimborazo y Santa Elena ya presentan problemas considerables (El Comercio, 2018).

Con respecto a estudios realizados sobre la desertificación en el Ecuador, como autoridades el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), determinaron que el 47% están en proceso de degradación considerando los suelos del país previo a la desertificación. Puesto que los índices que marcan una degradación en proceso se encuentran las provincias de Guayas, Esmeraldas, Manabí, El Oro en la costa del Ecuador, por el contrario, en la sierra se consideran a las

provincias de Pichincha, Imbabura, Zamora-Chinchiipe, Tungurahua, Loja, Azuay, Chimborazo (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2017).

Por otro lado, se evalúa un estimado de 11% de zonas áridas, subhúmedas secas, semiáridas que se encuentran en el territorio ecuatoriano, en efecto aproximadamente un millón de habitantes pertenecen a estas áreas que están en nivel máximo de degradación compuesta por elementos climáticos extremos. Este efecto de degradación es provocado por el uso y abuso del hombre y por componentes naturales por ejemplo el creciente poblacional y por ende la necesidad de eólicos, alimentación, vivienda, etc. El sobrepastoreo, la pérdida del control en el manejo de la cuencas hidrográficas, la tala de árboles extrema, el aumento de quemas, el desproporcionado desarrollo de agricultura en la frontera, la minería a cielo abierto, la recogida del suelo, insostenibles prácticas agrícolas, el aumento de la infraestructura, la incapacidad de leyes, implican un conjunto de probabilidades al influenciar a la desertificación de la mano con las variaciones hidrometereológicas producen efectos extremos que favorecen este efecto (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2019).

La desertificación está latente en la provincia de El Oro, dentro de las áreas productivas tropicales es probable que reaparezca la vegetación donde áreas consideradas expuestas para la productiva económica, al provocar la desertificación existe la reducción de producción convirtiendo las tierras fértiles en no aptas, la erosión del suelo, la degradación de tierra, sequía y la variación climática influye en la aceleración de este problema, que cada vez se expande adueñando territorio ecológico como los ecosistema que son conservados para el equilibrio medioambiental, sin embargo, por diferentes factores el suelo de esta zona nunca se recupera con la eliminación de bosques, impidiendo la regeneración y su máxima descomposición poniendo en riesgo el desequilibrio de la seguridad alimentación, es considerable buscar las causas que

favorecen a esta compleja situación, mientras el tiempo pasa el efecto es mayor, existe la importancia radicada específicamente en los recursos vitales como la vegetación es está altamente comprometida, el agua que sin duda ha sido uno de los recursos más perdidos y el suelo perdiendo control de la situación por falta de responsabilidad, consciencia y mucha ambición, si bien es cierto la provincia es rica en recursos como el banano, café, camarón, etc. Lo que ha influencia a la economía dentro país e internacionalmente (Ambiente, 2018).

## **1.2.Delimitación**

### ***1.2.1. Delimitación En Tiempo De Estudio***

El estudio del análisis multitemporal de la Provincia de El Oro correspondiente a la sensibilidad sobre la desertificación tuvo sus bases en datos de estaciones meteorológicas obtenidas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI) y en imágenes satelitales Landsat 7 y 8, teniendo como tiempo determinado de interés en los años de 1990, 2000, 2010 y 2020 correspondientemente. Este proyecto tuvo una duración de 6 meses.

### ***1.2.2. Delimitación Geográfica***

La provincia de El Oro es comprendida en la zona geográfica como región costa o litoral, limitada al norte con la provincia del Guayas, al sur y al este con la provincia de Loja, al noreste con la provincia del Azuay y al occidente con la provincia de Zarumilla y Perú. Se encuentra a 3750 m.s.n.m en elevación máxima, con un territorio de 5879 km<sup>2</sup>.

## **Tabla 1**

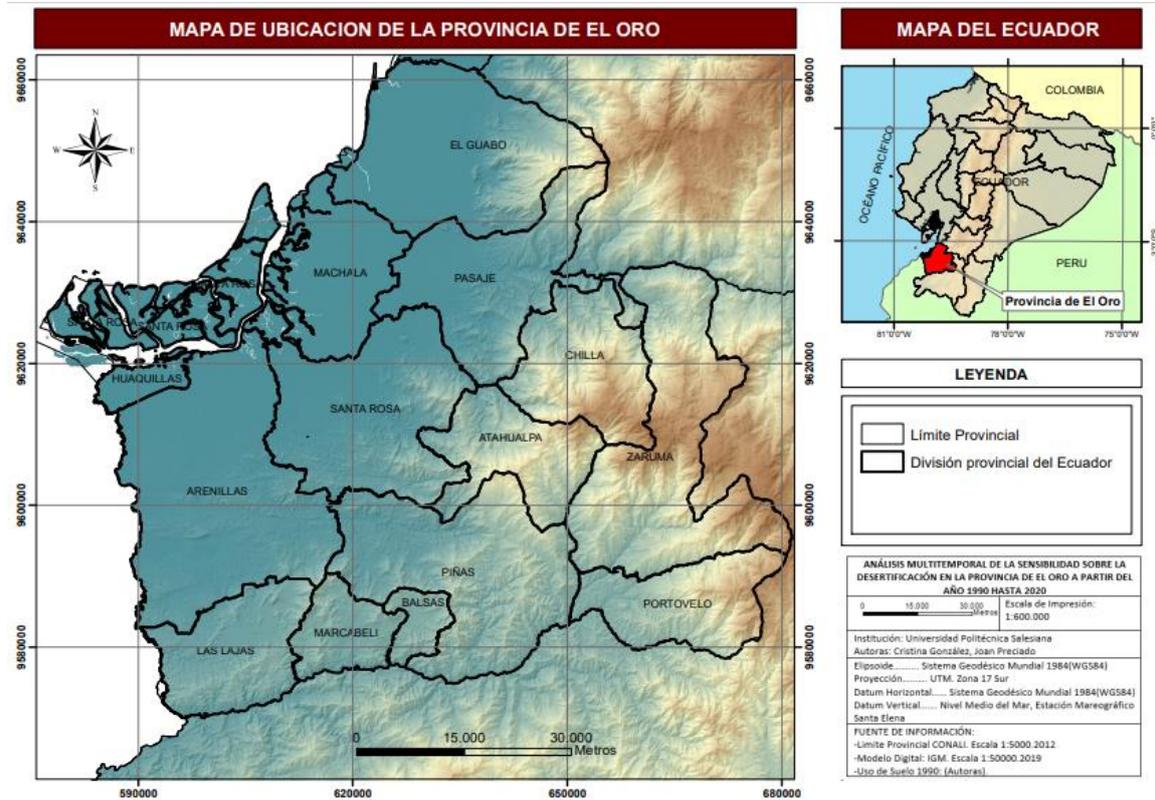
*Coordenadas de ubicación en la zona de estudio.*

<b>PROVINCIA</b>	<b>ALTITUD</b>	<b>LONGITUD</b>
<b>El Oro</b>	3°16'00"S	79°58'00"O

Fuente: Autores

**Figura 1**

*Mapa de ubicación de la provincia de estudio.*



Fuente: Autores

### 1.3.Descripción Del Problema

El problema radica en los cambios atenuantes que han ocurrido durante este periodo de tiempo lo cual ha incidido hacia el efecto de interés de este estudio, proyectando la desertificación como uno de los más grandes problemas ambientales globales que existen en la actualidad lo que conlleva a realizar la hipótesis.

Desde el año 1990 al 2020 los procesos de desertificación se vieron en aumento por los diversos cambios meteorológicos, cambio uso de suelo y cobertura vegetal.

#### **1.4. Justificación Del Problema**

El diagnóstico multitemporal se evaluó como los cambios han incidido en los procesos de desertificación a través del tiempo o viceversa, haciendo un aporte académico para la toma de decisiones del gobierno provincial y locales de la Provincia de El Oro, logrando establecer un estudio actualizado que ayude a combatir la desertificación y el cuidado al medio ambiente de manera continua.

El diagnóstico histórico a través de imágenes satelitales que permitió evidenciar el proceso de transformación de los suelos durante el tiempo de estudio y su estado actual, entender su dinámica e importancia que tiene cada distribución donde se desarrollan diferentes actividades productivas y económicas, ya que estos han sido alterados por los humanos para satisfacer una demanda cada vez mayor de alimentos, materias primas, carreteras y hogares, logrando así conocer la distribución de las áreas susceptibles a la desertificación.

La variación climática como las temperaturas elevadas y el desequilibrio hidrológico se estableció como influyente ante la desertificación y como esta variación de factores climáticos provocan las sequías estacionales, climas semiáridos, lluvias poco constantes o de gran intensidad, obteniendo como resultado de la confluencia de diferentes factores, provocados tanto por el clima como por la actividad del ser humano y la percusión que genera la agricultura intensiva que agota los nutrientes del suelo lo que provoca mayor vulnerabilidad hacia los factores climáticos.

Al evaluar las causas de la desertificación se propone un análisis coherente y coordinado que articule el saber ancestral, los conocimientos prácticos, los recursos y las acciones de medidas preventivas y de mitigación que permita combatir la desertificación y lograr con ello un desarrollo sostenible en la Provincia De El Oro.

Las alternativas ambientales permiten la remediación oportuna en el daño ya ocasionado por la desertificación, estableciendo medidas para la reducción de la vulnerabilidad a futuro, obteniendo la colaboración por parte de los beneficiarios en la concientización y aprovechamiento de recursos.

#### ***1.4.1. Ámbito Académico***

Este proyecto de investigación se establecerá como base de datos para futuras investigaciones dando aporte para el desarrollo a las comunidades de la provincia de El Oro y al mismo tiempo contribuyendo con las futuras generaciones, aplicando los conocimientos adquiridos en toda la carrera de Ingeniería Ambiental, integrando metodología actualizada mediante softwares haciendo uso de tecnologías y recursos nuevos, logrando así la publicación del proyecto en una revista donde pueda ser más accesible y alcance teniendo referencia para próximos estudios.

#### ***1.4.2. Ámbito Económico***

Al realizar este proyecto tiene como enfoque evaluar la parte económica teniendo en cuenta los recursos existentes, los costos y beneficios haciendo énfasis en colaborar a los agricultores, comerciantes que utilizan las zonas para producir y generar recursos para la provincia e incluso para el país considerando con esto poder proyectar a la provincia como turismo sostenible y productivo. Mediante el análisis cambio de uso de suelo en la provincia y la falta de control que reduce cada vez más daños tanto ambientales como económicos con la aplicación de un plan de acción para complementar el alcance económico de la provincia así otorgando sustentabilidad mediante las buenas prácticas una vez establecido los mecanismos para minimizar el problema y aumentar la productividad (Bonilla, 2019). Dentro de un análisis económico (Baena Paz, 2017) recalca en la justificación dentro del proceso y como recuperar el dinero invertido en

coincidiendo con (Tamayo, 1999), que buscan la rentabilidad de una investigación, lo que determina a conseguir un producto direccionado a la comercialización y generar ganancias valorando cada recurso.

### ***1.4.3. Ámbito Social***

Es importante tener en cuenta la parte social en este proyecto logrando que los recursos ayuden de manera significativa a las personas tomando en cuenta la educación ambiental y así generar un ambiente social, logrando una transformación permanente en la sociedad con una proyección educativa y social (Collado et al., 2014) y (Arias, 2012), concuerdan en la relación con el ámbito social dentro de un proyecto para la expansión de una investigación y tener relevancia, complementando como lo hacen (Ñaupas et al., 2014), que hablan sobre la construcción social y la facilidad de resolver inconvenientes aportando al futuro y mejoras de una sociedad conjunta.

### ***1.4.4. Ámbito científico***

Detallando un aspecto teórico científico con el fin de avanzar hacia una línea metodológica que expanda conocimientos ligada a una justificación con fundamentos así lo exponen (Baena Paz, 2017) y (Arias, 2012), sin embargo, (Pyrzark, 2009), (Bernal, 2010) y (Castro & Salinas, 2009), coinciden al nombrar un campo científico poniendo énfasis en un estudio con el afán de justificar de manera reflexiva y con criterios académicos valorando el conocimiento. Esto influye en la creación de un proyecto que determine un proceso científico que prevalezca para futuras investigaciones.

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo General***

Realizar un diagnóstico multitemporal de la sensibilidad sobre la desertificación en la Provincia De El Oro a partir del año 1990 hasta 2020.

### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Realizar un diagnóstico histórico a través de imágenes satelitales para los mapas de uso de suelo en la Provincia de el Oro.
- Establecer los factores climáticos que han influido en la desertificación de la Provincia De El Oro.
- Evaluar las causas de la desertificación existente mediante el grado de vulnerabilidad producido durante el tiempo de estudio.
- Establecer alternativas ambientales para controlar, mitigar y prevenir la desertificación en las áreas susceptibles de la Provincia De El Oro.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1. Uso Y Cobertura Del Suelo**

La cobertura del suelo es la cobertura biofísica que se puede ver en la superficie de la Tierra (factores naturales y antropogénicos). El uso del suelo representa la labor que da por parte del hombre a los distintos tipos de cobertura, como respuesta de la interrelación entre elementos biofísicos y culturales de un espacio geográfico dado (SIGTierras, 2016).

La cobertura del suelo es muy significativa para el desarrollo de modelos climáticos, hidrológicos y biológicos, entre otros estudios. Los mapas de cobertura se utilizan de forma continua para informar sobre los cambios en el medio ambiente de la región a nivel nacional e internacional (GOV.CO, 2014). También es una valiosa herramienta para la toma de decisiones, ya que se requieren mapas muy precisos para la planificación del desarrollo local (MAAE & MAE, 2017).

### **2.2. Cambios de cobertura vegetal**

El uso de la tierra y los cambios en la cobertura debido a la deforestación es un tema de indagación importante en el cambio ambiental global y el progreso sostenible. CCVUS

produce impactos en los ecosistemas terrestres y acuáticos, afectando la capacidad de las comunidades para brindar servicios ambientales. Se ha identificado que CCVUS tiene impactos directos, como el calentamiento de la tierra, la erosión, el daño a la biodiversidad, la higiene alimentaria e inclusive la sanidad pública. No obstante, estos cambios son dinámicos y dependen de una variedad de componentes, como las condiciones políticas, económicas y sociales (Perez et al., 2015).

A escala mundial, se aprecia que entre el 30 y el 50% de la cubierta forestal ha cambiado debido a las operaciones de CCVUS. Se apreció que la superficie forestal cubre alrededor de 900 millones de hectáreas de la superficie terrestre. Sin embargo, la deforestación, a través de la expansión de la agricultura, ha llevado a una pérdida significativa de la cubierta forestal. América Latina es el continente con mayor cobertura forestal (58,1%), pero es el continente con más cambio en su superficie original con una alta tasa de deforestación del 2,5% (ONU, 2020).

Las diferentes investigaciones de cambio de uso de suelo y vegetación son el estándar para conocer las vías de los diferentes procesos involucrados en la deforestación, el desgaste y alteración de los bosques, la erosión y desertificación del suelo y el daño a la diversidad. biología, etc. En muchos países, estos desplazamientos o cambios los experimenta la vegetación y el uso del suelo en un determinado área o región se considera como uno de los principales contribuyentes a la degradación ambiental. Es claro que, en las últimas décadas, las actividades humanas se han transformado en el principal motor de evolución de los ecosistemas terrestres, por encima de los fenómenos naturales (Camacho-Sanabria et al., 2017).

El desarrollo de investigaciones relacionadas con los cambios en la ocupación y uso del suelo en una determinada área geográfica y a lo largo del tiempo precisan, principalmente del uso y manipulación de diversos insumos cartográficos, es decir, mapas

de uso del suelo y de vegetación, pues son estos especialistas en el territorio, así como a los organismos encargados del uso y manejo de los recursos naturales, para desarrollar e implementar políticas para su uso y mantenimiento (Galicia et al., 2015).

En la actualidad, los expertos que estudian los cambios en diversos paisajes naturales y antropogénicos (culturales) en la superficie terrestre suelen utilizar mapas de uso del suelo y vegetación obtenidos a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite, y pueden tener una resolución espacial media o alta. A través de estos aportes a la cartografía, es posible determinar, describir, estimar, situar, examinar, valorar, interpretar y modelar las dinámicas y procesos de alteraciones que ocurren en las sociedades en la vida real, las diversas características y usos del suelo de un espacio geográfico determinado (Perez et al., 2015).

### **2.3. Condiciones climáticas que influyen cambios de uso de suelo**

#### **2.3.1. *Clima***

El clima es un conjunto de variaciones en las condiciones atmosféricas, caracterizado por condiciones y patrones meteorológicos, durante un período y lugar o región en particular, y controlado por varios factores. Dado que el clima generalmente está relacionado con las condiciones atmosféricas (un componente del sistema), se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación; Sin embargo, también se puede determinar utilizando variables de otros componentes del sistema climático. A lo largo de la historia, la variabilidad climática se ha producido en períodos de tiempo que van desde años (cambio climático anual) hasta miles de años (cambio climático global). Estos cambios surgen de cambios en la forma de las interacciones entre los diversos componentes del sistema climático y en los factores de forzamiento (Pabón et al., 2004).

### ***2.3.2. Lo que origina el clima.***

El clima de cada región depende de una variedad de factores: latitud, vientos predominantes (que pueden ser cálidos o fríos, húmedos o secos), altura sobre el nivel del mar, dirección de la pendiente, proximidad al mar, corrientes oceánicas frías o cálidas, cubierta vegetal, etc. Estos factores están interrelacionados y determinan la temperatura, la humedad y la viabilidad. La Tierra cerca del ecuador es más cálida porque recibe más radiación directa del sol. Algunas de ellas están mojadas porque los vientos cálidos y húmedos las atraviesan y traen lluvia. Otros lugares tienen un clima desértico: allí surgen vientos cálidos y secos, lo que provoca cielos despejados y poca lluvia. Otras regiones, como las regiones monzónicas de Asia, tienen veranos húmedos e inviernos secos porque alternan monzones de diferentes climas. En determinadas laderas, las precipitaciones se concentran en determinados meses del año, lo que permite la realización de cultivos a corto plazo. El clima es un factor crítico en la formación del suelo. Los cambios de temperatura, las precipitaciones y el viento contribuyen a la erosión del sustrato. De manera similar, el clima afecta la supervivencia de las plantas que sostienen el suelo y proporcionan materia orgánica al suelo. Con el aumento de la temperatura, aumenta la actividad bacteriana. Por esta razón, la materia orgánica del suelo se descompone más rápido que en los trópicos, liberando nutrientes. La lluvia y el viento son los principales factores climáticos que provocan la erosión del suelo. Llevan partículas de suelo depositadas en las tierras bajas. El clima de la región puede cambiar debido a la deforestación o reforestación, la construcción de instalaciones de riego o debido a tormentas de polvo (por ejemplo, durante una erupción volcánica)(FAO, 1996).

La vegetación proporciona sombra a la tierra, lo que reduce la pérdida de humedad y evita los cambios bruscos de temperatura. La transpiración de las hojas hace que el agua se evapore lentamente desde las raíces de las plantas hacia la atmósfera. En áreas de

niebla, las partículas pequeñas se depositan en hojas largas y se deslizan hasta el suelo (Portalfruticola.com, 2016).

Los bosques y los cortavientos reducen la fuerza del viento. De esta manera, protege las plantas de la desecación y filtra el polvo. La evaporación del agua de la superficie de los depósitos y canales de riego provoca un aumento de la humedad atmosférica. Además, la nueva vegetación que crece a través del riego libera humedad a través de la transpiración de las hojas. Esta humedad a su vez reduce la diferencia de temperatura entre el día y la noche (FAO, 1996).

### ***2.3.3. Elementos del Clima***

El clima comprende un conjunto de condiciones atmosféricas, las cuales se denominan elementos climáticos, ellos son la temperatura del aire, la humedad, la nubosidad, las descargas acuosas, la densidad y la movilidad del aire. Esos elementos pueden diferir en dos sentidos: temporal y espacialmente, estas diferencias dependerán de los denominados factores climáticos, que estudiaremos más adelante (Instituto De Ciencias Y Humanidades, 2015, p.173).

### ***2.3.4. Temperatura***

Es una de las propiedades básicas del aire y de gran importancia para la vida. La temperatura es un indicador del grado de calentamiento del aire, (a mayor calentamiento del aire, mayor agitación molecular, es decir, mayor temperatura). Por su influencia en la vida, hay temperaturas favorables y desfavorables. Veamos la forma de calentamiento del aire, al empezar el día, el suelo recibe la radiación solar y se calienta. Al calentarse el suelo, se va calentando el aire que se encuentra sobre él, así el aire se calienta con la energía solar; pero no directamente, sino luego de ser absorbida por la superficie terrestre. La energía solar pasa del suelo al aire de tres maneras: por irradiación, conducción y convección (Inzunza. Juan, 2006).

La temperatura es una de las variables básicas del tiempo y clima. Cuando preguntamos cómo está el tiempo afuera, casi siempre decimos algo sobre la temperatura, como hace frío o hace calor. De nuestra experiencia diaria, sabemos que la temperatura varía en diferentes escalas de tiempo en un mismo lugar, en periodos estacionales, diarios, horarios, etc., y varía también en el espacio. En meteorología, la temperatura se registra en las estaciones meteorológicas, de las que existen miles en todo el mundo. En estas estaciones se miden, por ejemplo, datos de temperatura a determinadas horas fijas, valores de temperaturas máximas y mínimas o se toman registros continuos en el tiempo, llamados termogramas. Con estas mediciones se pueden hacer los cálculos estadísticos (Inzunza, 2006).

Nubosidad, radiación solar, ubicación geográfica, tipo de suelo (topografía) y precipitaciones, son parte de los factores que influyen en la temperatura de una región (GeoEnciclopedia, n.d.).

### **2.3.5. Humedad**

Este elemento indica la cantidad de medida de vapor de agua en el aire. La humedad relativa es, justamente, la humedad que se utiliza o adquieren en la meteorológico (Airthings, 2021).

Los tipos de humedad pueden ser:

**Humedad relativa.** Esta se comprende como la cantidad que hay de humedad en una estancia con relación a la que habría si el aire estuviera completamente saturado de humedad. Por tanto, se expresa como un porcentaje. Si la humedad relativa de la habitación es del 50 %, significa que la mitad del espacio de la habitación está húmedo, mientras que el otro 50 % estará seco. Para que sea más fácil de entender, puede pensar en la habitación como un vaso de agua. Si el vaso está medio lleno, la humedad relativa

de esa habitación será del 50 %, porque la otra mitad será aire libre de humedad. Si sube la temperatura, el nivel del agua baja; Y si baja la temperatura lo que pasa es lo contrario a la humedad relativa (MATOR, 2017).

**Humedad absoluta.** Esta es la masa de vapor de agua presente en un volumen dado de aire antes de que se condense (humedad relativa). Es importante señalar que la temperatura determina la humedad absoluta: las masas de aire cálido tienen una mayor capacidad de retener vapor de agua que las masas de aire frío. La humedad absoluta se expresa en gramos por metro cúbico (S&P, 2019).

Es la masa de vapor de agua presente en un volumen dado de aire antes de que se condense (humedad relativa). Es importante señalar que la temperatura determina la humedad absoluta: las masas de aire cálido tienen una mayor capacidad de retener vapor de agua que las masas de aire frío. La humedad absoluta se expresa en gramos por metro cúbico (Raffino, 2020).

### ***2.3.6. Precipitación***

Este término se utiliza en meteorología para referirse a todos los fenómenos de agua que cae del cielo en cualquier forma: lluvia, granizo, nieve, etc. La precipitación a menudo se denomina precipitación, en plural, para reflejar la diversidad de estos fenómenos meteorológicos. La medición de la precipitación proporciona los datos necesarios para determinar el clima de un área. La frecuencia e intensidad de las precipitaciones sobre la tierra son factores que determinan la habitabilidad de un área geográfica y la fertilidad de la tierra. Cierta cantidad de precipitación es necesaria para la vida y desarrollo de las plantas (Netatmo, 2017).

La precipitación es la caída de agua desde la atmósfera hasta la superficie de la Tierra. La precipitación es parte del ciclo del agua que mantiene el equilibrio y la nutrición de

todos los ecosistemas. Las precipitaciones se producen por condensación de agua, es decir, la acumulación de agua en la atmósfera que da lugar a la aparición de nubes. El agua que se acumula en la atmósfera suele estar en estado gaseoso. Cuando hay una gran cantidad de agua en estado gaseoso en las nubes, el agua cambia del estado gaseoso al estado líquido o sólido. La cantidad de agua líquida, como la lluvia, puede contener contaminantes que se han absorbido en la atmósfera y cayendo con lluvia etiquetada (Significados, 2016).

### **2.3.6.1. Tipos De Precipitación**

La **llovizna** consiste en muchas gotas de agua de menos de 0,5 mm de diámetro y, a menudo, reducen la visión. La lluvia generalmente consiste en gotas de agua con un diámetro promedio de 0,5 mm a 5 mm. Más allá de este umbral, la resistencia del aire hace que el cuerpo que cae sea morfológicamente inestable, se deforme y adopte la forma de un paraguas hasta dividirse en dos o más partes. En algunos casos especiales se han registrado gotas de hasta 12 mm de tamaño. El **chaparrón** Puede formarse por gotas o moléculas sólidas (lluvia o baño de nieve) generalmente es mayor que otros tipos de precipitaciones. Su principal ventaja es que generalmente duran unos minutos, comienzan y, de repente, terminan. La nube se asocia con un desarrollo vertical más grande que el resto de la lluvia. La **lluvia engelante** está formada por gotas de agua subfundida que se congelan al caer sobre un cuerpo en superficie. La **nieve** es la caída de cristalinicos de hielo en forma aislada o aglomerada. Los copos de nieve grandes a menudo llegan al suelo si la temperatura atmosférica no es lo suficientemente fría. Se dice específicamente sobre la escarcha cuando los cristales que caen se mezclan con agua. Denominamos **granizo** a la precipitación de fragmentos de hielo de entre 5 mm y 50 mm (en situaciones severas pueden superar este umbral) que caen individualmente o en grupos irregulares. Se asocia con los cúmulos durante las tormentas eléctricas. Su tamaño dependerá en gran medida

del tiempo cíclico de la capa de hielo en la nube antes de chocar y del medio por el que posteriormente debe pasar a la atmósfera cuando sale de la nube (Meteored, 2018).

### **2.3.7. Evaporación**

La evaporación es un proceso gradual por agua en el estado líquido que se convierte en vapor a temperatura ambiente. El calor es causado por las moléculas de agua y tiene suficiente energía para escapar del líquido y convertirse en vapor. Por lo tanto, la evaporación requiere una gran cantidad de energía. Lógica, evaporación de recortes a alta temperatura, tan alta durante el centro o aumentos de hoy en lugares que contienen temperaturas promedio (Pedro Oña, 2015).

La evaporación esto ocurre como resultado de temperaturas naturales o sintéticas. En el caso del agua, lo que lleva a las moléculas de acción térmica, lo que provoca suficiente energía para eliminar el líquido y convertirse en vapor. El proceso de evaporación se fija en nuestro entorno y normalmente se produce. Por ejemplo, si salimos de Cuba del agua, descubrimos unos pocos días, parte del líquido se evaporó (Significados, 2016a).

### **2.4. Teledetección**

La teledetección es la tecnología de obtención de datos de la superficie de la tierra a partir de sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el suelo y el sensor da como resultado una sucesión de datos que luego se procesan para obtener información representativa sobre la Tierra (Romero & Romero, 2006).

Estados Unidos lanza al espacio el primer satélite de observación de la Tierra. En 1972 se inició la tecnología de teledetección, que no se utilizó hasta hace poco debido al alto costo de usar imágenes satelitales. Actualmente, gracias a la disponibilidad de imágenes y al desarrollo de nuevas tecnologías, cada vez más empresas y organismos gubernamentales están integrando el uso de imágenes sistemáticamente en sus diversos

proyectos porque pueden ser muy beneficioso para numerosas aplicaciones: recolección de información, detección de cambios, agricultura, volcanes, Monitoreo de desastres, etc. (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

En el asunto de la teledetección, la interacción que se provoca será una corriente de radiación que parte del objeto y se dirige hacia el sensor. Desde el punto de vista del origen, este flujo se puede dividir en tres tipos (Buenas Tareas, 2012):

- ✓ Reflexión de la radiación solar por los objetos (luz visible e infrarroja)
- ✓ Radiación terrestre emitida por objetos (radiación infrarroja térmica)
- ✓ Radiación producida por sensores y reflejada por objetos (radar)

Los procesos basados en las dos primeras se denominan teledetección pasiva y la segunda se denomina teledetección activa (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

La radiación procedente de la superficie terrestre y que cruza la atmósfera se almacena en formato digital. Una vez que los datos se recuperan del centro de control del satélite, proporcionan información sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra. El tipo de información obtenida depende de la longitud de onda a la que el sensor detecta la radiación (Miller, 2006).

El estudio de esta información consiente en conocer las propiedades de los objetos observados y los fenómenos que ocurren en la superficie de la Tierra, los océanos y la atmósfera. Por ello muchas ciencias naturales y sociales se preocupan por su uso (geografía, geología, meteorología, ingeniería agrícola, etc. (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

#### ***2.4.1. Métodos de verificación para estudios teledetección.***

Una de las aplicaciones más efectivas de la teledetección es localizar y clasificar el uso del suelo, según métodos de interpretación numéricos y visuales. Algunos de los

métodos aplicados para determinar los tipos de uso del suelo están sujetos a la supervisión de clasificación y mejoramiento numérico de datos multidimensionales (Guillén et al., 2015).

#### **2.4.2. *Sistemas de teledetección***

El sistema de teledetección se logra dividir principalmente en dos partes, a saber, la teledetección activa y la pasiva (Acevo Herrera, 2011).

**Teledetectores activos.** Son los encargados de emitir la energía necesaria para poder escanear los objetos de búsqueda. Gracias a esta energía, el teledetector puede medir la radiación reflejada en el cuerpo. Un ejemplo de un sistema de teledetección son los radares de tráfico (Acevo Herrera, 2011).

**Teledetectores pasivos.** Se encargan de detectar la radiación emitida o reflejada por el objeto de estudio, como el sol. El sensor infrarrojo es uno de los sensores remotos más populares (Acevo Herrera, 2011).

Todo **sistema de teledetección** Contiene componentes similares capaces de realizar tareas de monitoreo y medición (Earth Observing Sistem, 2021). Ellos son:

**Sensor.** Generalmente con la cámara, se captura, codifica y transmite una imagen o datos de la investigación (Earth Observing Sistem, 2021).

**Centro de recepción.** Esta información se recibe en el centro receptor, que puede estar ubicado a varios kilómetros del sensor. Aquí se decodifica, procesa y corrige (Ingeoexpert, 2018).

**Canal de distribución.** Una vez que la información está completamente procesada y corregida, puede ser enviada a su propio canal de distribución para ser compartida y ya

sean expertos o usuarios, dependiendo del tipo de información, brindando interpretaciones y conclusiones (Ingeoexpert, 2018).

### ***2.4.3. Teledetección satelital***

Este tipo de teledetección se ha utilizado durante décadas para monitorear diversos procesos, sin embargo, recientemente ha dado paso a la teledetección mediante drones. El nuevo sistema tiene ventajas como una mayor resolución e imágenes más detalladas gracias a la resolución de la cámara, pero la tecnología solo se puede utilizar, al menos por el momento, en lugares donde no se requiere una imagen panorámica o a grandes distancias (Ingeoexpert, 2018).

### ***2.4.4. Ventajas de la teledetección***

Una de las principales ventajas de la teledetección es su capacidad para recolectar datos a gran escala y transmitirlos en tiempo existente, lo que la hace especialmente atractiva en proyectos internacionales. Además, los sistemas de teledetección integran sensores cuyo espectro de luz no puede ser detectado por el ojo humano, que luego se convierten en visión adecuada para nuestra interpretación (Auxiliadora et al., 2012).

## **2.5. ENVI**

El software de análisis y procesamiento de imágenes ENVI son útiles para todos, de analistas clave a los profesionales de los campos. Tiene muchas herramientas fáciles de usar que no necesitan capacitación avanzada o entrenamiento de detección remota para resultados reales. ENVI ofrece visualización, procesamiento y análisis de datos intuitivos. Se expone un conjunto de herramientas integrales de análisis de datos como tareas discretas que guían a los usuarios a través de los pasos de procesamiento de imágenes. Algunas de estas herramientas incluyen la calibración de datos, el preprocesamiento, la corrección atmosférica, el enfoque panorámico, la ortorrectificación

y el registro de imágenes. A partir de ahí, los flujos de trabajo de ENVI se pueden utilizar para detectar cambios y anomalías, medir y extraer características, modelar características topográficas y mucho más. Los informes de sus hallazgos se generan y comparten fácilmente (Harris Soluciones Geoespaciales, 2022).

### ***2.5.1. Imágenes satelitales***

Esta son el resultado que se obtiene del capturar la radiación emitida o reflejada por la superficie de la tierra mediante un sensor colocado a bordo de un satélite artificial Hay muchos tipos de imágenes satelitales las cuales poseen muchos tipos como colores, resolución, elevación, etc. La calidad de la imagen capturada depende de la herramienta utilizada y de la altitud. La desventaja de las imágenes satelitales es que, al cubrir la imagen, el proceso de procesamiento es muy largo, y la imagen en particular depende de la calidad del sensor utilizado, y la imagen siempre se ve afectada por las condiciones climáticas en ese momento(Sánchez, 2012).

#### **2.5.1.1. Tipos de imágenes satelitales**

Estas imágenes se dividen en tres tipos que son:

##### ➤ Imágenes pancromáticas

La imagen pancromática es capturada mediante un sensor digital que mide la reflectancia de energía en una extensa parte del espectro electromagnético (tales porciones del espectro reciben el nombre de bandas como se explicó anteriormente). Para los sensores pancromáticos más modernos, esta banda suele contener la parte visible y de infrarrojo cercano del espectro. Los datos pancromáticos estas se representan por medio de imágenes en blanco y negro. Con las imágenes pancromáticas se consigue ubicarlas, identificar y medir los accidentes superficiales y objetos principalmente por su aspecto física, es decir por las diferentes formas, tamaños y orientaciones; también reconoce los

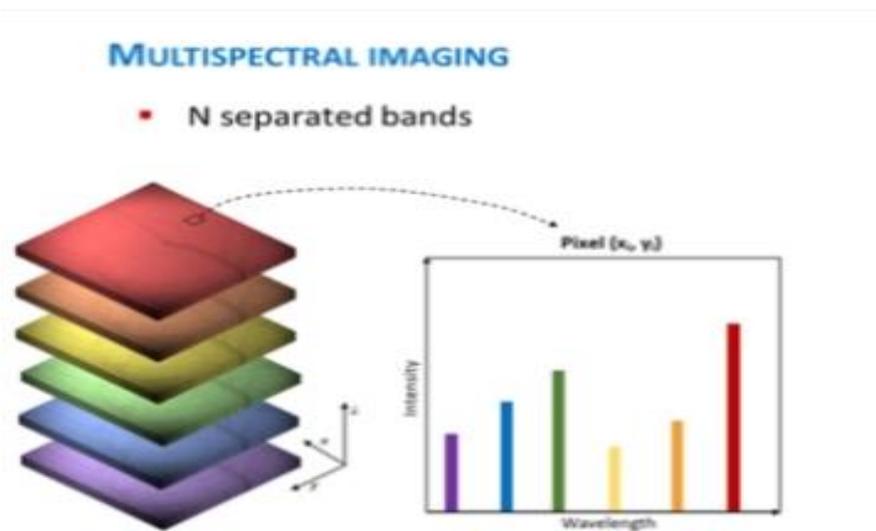
elementos creados por la acción del ser humano como edificaciones, carreteras, veredas, infraestructura urbana, vehículos, etc. Por medio de las imágenes pancromáticas se logran renovar la información física de mapas existentes, delimitar zonas entre suelo y agua, cuantificar el incremento del desarrollo urbano, generar modelos digitales de elevación de alta precisión (Gobierno de México, 2022).

➤ Imagen multiespectral

Se crea una imagen multiespectral calculando la energía en diferentes longitudes de onda y utilizando varios colores que representan la energía presente a lo largo de cada longitud de onda separada. Las diversas imágenes en escala de grises, conocidas como bandas, reciben un color distinto y se combinan para crear una imagen compuesta. Por ejemplo, la banda A puede ser de un color rojizo, mientras que la banda B es de un color azul y la banda C es de un color verde. Si los colocamos juntos y si estos patrones de color desarrollados en la imagen compuesta permiten al espectador reconocer las diferentes características de la superficie del objeto (Teledet, 2020). Una disposición de columnas y filas que forma una matriz de datos digitales que representa la intensidad de la energía electromagnética reflejada o emitida por los objetos en la superficie de la Tierra (Guadalupe Sánchez-Méndez & Pedro Arguijo-Hernández, 2018).

## Figura 2

### *Imagen multispectral*



Fuente:(Nireos, 2015)

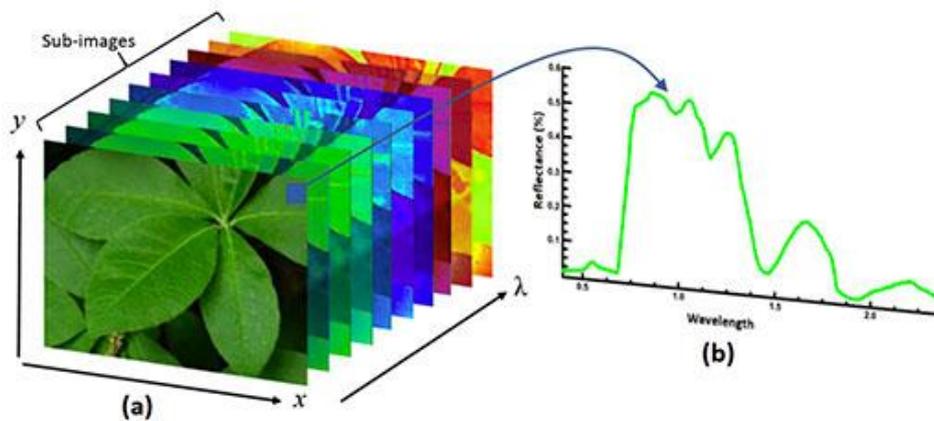
#### ➤ Imágenes hiperspectrales

Estas permiten capturar y generar unos diversos números de longitudes de onda, distinguiendo entre diferentes características de materiales. (ATRIA INNOVATION, 2020) estas proveen una extensa cantidad de datos de composición y sensores de luz de imágenes en el campo, en el laboratorio e inclusive en el espacio.

Los sensores hiperspectrales estos recopilan información como una serie de imágenes. Cada una de las diversas imágenes representan un rango del espectro electromagnético asimismo conocido como banda espectral. Estas imágenes se combinan y forman una imagen tridimensional hiperspectral, un cubo de datos, para el procesamiento y para analizar (Chilton, 2020).

### Figura 3

#### *Imágenes hiperspectrales*



Fuente: (Chilton, 2020)

#### **2.5.2. Landsat**

Es uno de los programas de imágenes de satélite más antiguos. Los datos de este programa son de alta calidad y comprenden varios rangos de longitud de onda del espectro electromagnético y resaltan entidades que, de lo contrario, serían invisibles al ojo humano. Explorará las imágenes de Landsat con la aplicación Landsat Viewer de Esri. Para lograr saber las capacidades de las imágenes, recorrerá por todo el mundo y utilizará distintas combinaciones de bandas de Landsat e índices para entender las diferentes condiciones y el cambio de la Tierra. Las imágenes de satélite de Landsat capturan diferentes rangos de longitudes de onda del espectro electromagnético, incluidas varias que son invisibles para el ojo humano. Cada rango se recolecta por separado en una banda espectral y resulta fundamentalmente útil para destacar un tipo de entidad o propiedad de paisaje. Las bandas se describen en la siguiente tabla (Esri, 2021):

**Tabla 1***Bandas de Landsat*

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Lo que esta banda permite ver mejor</b>
<b>1</b>	Costero	Agua poco profunda, partículas finas de polvo
<b>2</b>	Azul	Agua profunda, atmósfera
<b>3</b>	Verde	Vegetación
<b>4</b>	Rojo	Objetos fabricados por el hombre, suelo, vegetación
<b>5</b>	Infrarrojo cercano (NIR)	Costas, vegetación
<b>6</b>	Infrarrojo de onda corta (SWIR) 1	Penetración de las nubes, humedad del suelo y la vegetación
<b>7</b>	Infrarrojo de onda corta (SWIR) 2	Penetración mejorada de las nubes, humedad del suelo y la vegetación
<b>8</b>	Cirro	Nubes de tipo cirro

Fuente: (Esri, 2021).

**2.5.1.1. Imágenes satelitales Landsat 7**

Landsat 7 fue utilizado por primera vez y lanzado desde la Base de la Fuerza Aérea Vandenberg en California el 15 de abril de 1999 en un cohete Delta II. Este satélite tiene un sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Esta herramienta ha mejorado en comparación con los diseños de herramientas anteriores. Las particularidades principales de Landsat 7 contienen una banda pancromática con una resolución espacial de 15 metros, un calibrador solar de apertura completa integrado, una calibración radiométrica absoluta del cinco por ciento y un canal infrarrojo térmico con un progreso de cuatro veces en la resolución espacial sobre Thematic Mapper (TM). Desde junio de 2003, el sensor ha adquirido y entregado datos con brechas de datos causadas por la falla del corrector de línea de exploración (INEGI, 2016).

**2.5.1.2. Imágenes satelitales Landsat 8**

Es un satélite de vigilancia de la Tierra realizado, lanzado y operado con ayuda entre la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos. La investigación de los datos se

ejecuta por medio de dos sensores principales. El satélite maneja en luz visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta e infrarrojo térmico (de onda larga). La banda Landsat 8 se configuró en 11 veces diferentes, dependiendo de la longitud de onda de su visión (EOS, 2021).

Landsat-8 recopile una banda pancromática de resolución de 15 m, 8 bandas multiespectrales a 30 m en las porciones visibles, infrarrojas cercanas e infrarrojo medio del espectro, y dos bandas en el rango infrarrojo térmico con una resolución de 100 m. El sistema tiene un ancho de franja de 185 km en el nadir y un periodo de duplicación de 16 días (José E. Marcano M, 2022).

### ***2.5.3. Correcciones Atmosféricas***

La corrección atmosférica está es un proceso que se utiliza a las imágenes digitales, para eliminar los efectos de aerosol y la radiancia intrínseca que se inserta en el sensor y este se ve irradiado en las imágenes, como resultado de la relación del este sensor con la atmósfera. Con el proceso de corrección atmosférica se consigue optimar la calidad visual de la imagen; así como, excluir el equipo intrusivo de la atmósfera (Aguilar et al., 2014).

### ***2.5.4. Correcciones Topográficas***

Esta corrección se basa en la generación de un modelo de iluminación correspondiente al día, hora y ubicación de la imagen y esta se asimila a un modelo ideal en que la fuente luminosa se sitúa en el cenit de este modo que no se crearán sombras por el efecto de las montañas o barrancas. A la diferencia entre ambos modelos de iluminación se le considera el factor de corrección, el cual se aplica a cada una de las bandas de la imagen satelital para corregir el efecto topográfico. Cuando se corrige la imagen satelital permite agrupar muy bien los diferentes usos de tierra y cubiertas vegetales por medio de una clasificación supervisada por máxima semejanza con polígonos de clasificación levantados en campo. Esta corrección mejora la clasificación entre 40-50% con relación a imágenes catalogadas

como que no tienen corrección topográfica, obteniendo estimaciones de uso de tierra y cubierta vegetal con un 85-90% de confianza. Al crecer la confianza en la estimación del uso del tierra y vegetación se perfeccionan los diferentes procesos de organización territorial (Itzel Castro Mendoza, 2017).

#### **2.5.5. Corrección Radiométrica**

Esta es una de los caminos para tratar los valores de píxel de una imagen satélite para conseguir valores de fuerza homogéneos equilibrando histogramas o corrigiendo las fallas presentes en los píxels. Entre los diversos motivos que influyen en estas distorsiones de las imágenes satélite encontramos fallos de los propios sensores, alteraciones en el movimiento del sensor o instrumento a bordo del satélite/avioneta o la interferencia de la atmósfera con el fin de adaptar los valores de píxel debido a la influencia generada por la atmósfera durante la adquisición de datos y por los potenciales fallos debidos a la calibración de los sensores (Gis&Beers, 2018)

#### **2.6.Desertificación en el Ecuador**

Dado el proyecto de investigación empezamos como la definición del término “desertificación” él se relaciona usualmente con la idea de desierto físico. Por esta razón, es posible encontrar referencias a áreas de extrema sequedad y en las que no se practica agricultura alguna, salvo en unos pocos oasis. También se alude a áreas desertificadas para referirse a aquellos lugares donde si bien existen precipitaciones, éstas se concentran en períodos muy breves del año, y en donde se practica una agricultura de subsistencia. Por su parte, el término “degradación” se emplea muchas veces como sinónimo de desertificación, cuando se habla de la degradación de tierras. En estricto rigor, este término es más amplio que el de desertificación y se aplica a la tierra, a la capa vegetal y a la biodiversidad y, como se verá más adelante, denota pérdida de la capacidad productiva (Comisión Económica para América Latina y el Caribe et al., 2020).

La desertificación ecológica del Ecuador se basa en las zonas de vida susceptibles a la desertificación. El Ecuador presenta cuatro regiones geográficas naturales marcadamente diferenciadas, estas son: Costa, Sierra y Amazonía en su parte continental, y Galápagos, la región insular, adicionalmente al mar territorial. La clasificación de los ecosistemas ecuatorianos en zonas de vida de acuerdo con el sistema de Holdridge hecha por Cañadas (1983) proporciona una base de referencia inicial de la superficie del país susceptible a la desertificación. De acuerdo con esta clasificación, el Ecuador presenta 25 zonas de vida de las cuales 11 entran en las categorías de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas en las que se aplica la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (Senplades & Ministerio del Ambiente, 2014).

Los efectos de la degradación de la tierra conducen a la pérdida de la capacidad productiva de la tierra, lo cual, en el ámbito de la producción y manejo de recursos en el país, pueden conducir a una amenaza importante a la seguridad y soberanía alimentaria de todos los ciudadanos. Una de las consecuencias más graves de la degradación de la tierra es la pérdida de la capacidad productiva del suelo, que en el país se manifiesta, por ejemplo, por una alta tasa de pérdida de suelo netamente agrícola (80 Ton/año, según reporte de Fundación Natura, (Sierra, 1999).

La población más afectada por los procesos de desertificación está constituida por pequeños productores agrícolas, es importante examinar más a fondo algunas de las peculiaridades del mundo campesino, sus lógicas productivas y sus estrategias de sobrevivencia. Para ello, nos servirán de marco los trabajos sobre la teoría campesina de organización y producción, que, a nuestro juicio, son los que permiten entender de mejor manera el comportamiento de los productores campesinos localizados en áreas de gran vulnerabilidad y susceptibilidad a los procesos de desertificación (Comisión Económica para América Latina y el Caribe et al., 2020).

### 3. METODOLOGIA

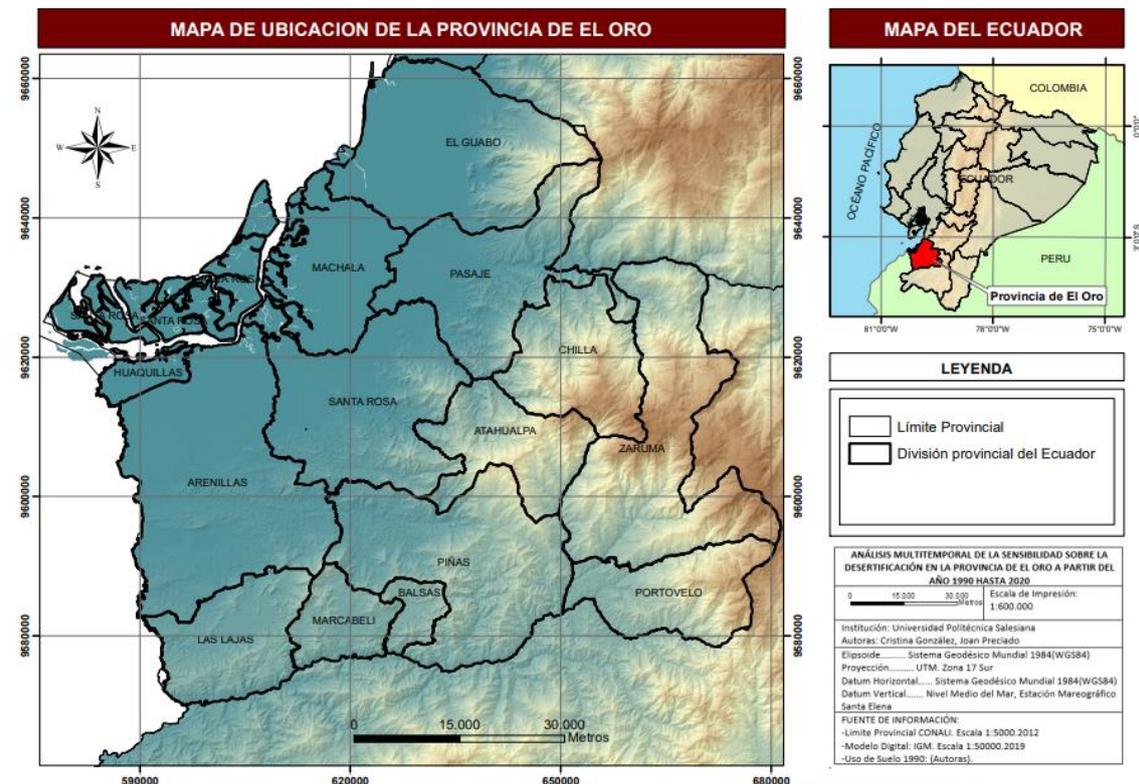
#### 3.1. Delimitación Del Área De Estudio

La identificación del área de estudio se encuentra localizada en la provincia de El Oro, la cual pertenece a la zona ecuatoriana teniendo como límite al norte con la provincia del Guayas, al este con el Océano Pacífico, al sur con la frontera peruana y el este con las provincias de Azuay y Loja.

El área de interés para esta investigación se identificó mediante recursos de información cartográfica, obtenidos por el organismo representante de otorgar la información a nivel nacional del Ecuador denominado Instituto Militar Geográfico.

**Figura 4**

*Mapa de ubicación de la provincia de El Oro*



Fuente: Autores

Mediante el programa ArcMap versión 10.8, se logró identificar la zona de interés con la base de información cartográfica, utilizando herramientas como *Selección y Extracción* logrando así el recorte y delimitación de la provincia de estudio convirtiendo en un *ShapeFile*, para posteriormente corroborar las coordenadas e identificarlas en dicha zona, donde se obtuvo en WGS (World Geodetic System 1984) 1984\_UTM (Universal Transverse Mercator) Zone\_17 respectivamente.

### **3.2.Elaboración De Mapas Cambio De Uso De Suelo**

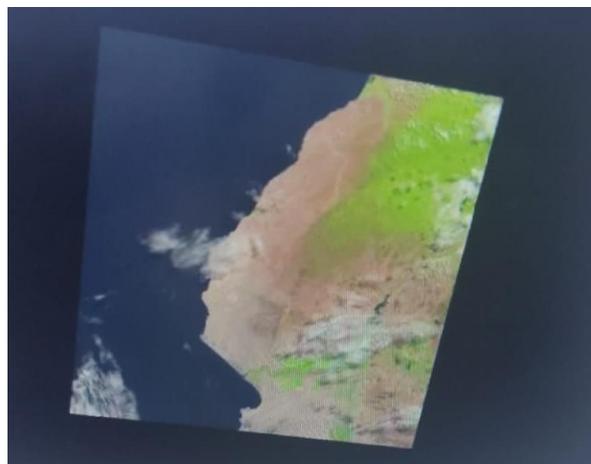
#### **3.2.1. Adquisición De Imágenes Satelitales**

Las imágenes satelitales se obtuvieron del portal Earth Explorer en el año actual 2022, el cual es importante porque es indaga a profundidad la revolución transcendental del cambio climático y con ello identifica los programas para el control y observación exacta de la Tierra.

Correspondiente a la provincia del Oro, con poco contenido de nubes, para lo cual se obtuvo 4 imágenes satelitales por año, correspondiente al 1990, 2000, 2010 y 2020 respectivamente.

#### **Figura 5**

*Adquisición de imágenes satelitales*



Fuente: Autores

### 3.2.2. Corrección de imágenes satelitales

Se realizó una corrección topográfica, radiométrica y finalmente se realizó una corrección atmosférica eliminando el efecto nuboso de las imágenes satelitales y recuperando la información perdida en el sensor.

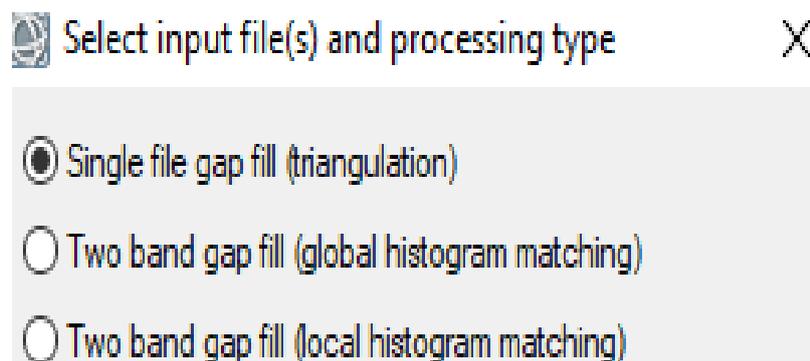
#### 3.2.2.1. Corrección topográfica.

Generalmente se considera la corrección topográfica a la gravedad positiva, que pone énfasis en la variante topográfica directamente de la placa horizontal amplitud incalculable. Las fracciones topográficas específicas continuamente minimizan la medición de la gravedad por la fuerza de atracción hacia la topografía, elaborado para la predicción de mínimos cuadrados que van en base de una digitación de mapas topográficos, lo cual permite establecer la altitud paralela a cualquier punto del modelo respectivamente con el valor de la exactitud denominado error medio cuadrática.

Por consiguiente, para la corrección topográfica se utilizó el software Envi clasic 5.3, mediante la herramienta *gap fill*, mediante una triangulación a escala de 1.

#### Figura 6

Herramienta Gap Fill



Fuente: Autores

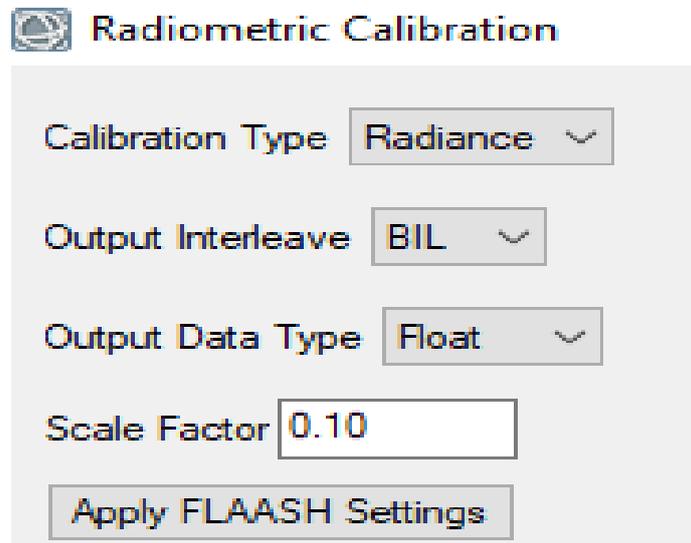
### 3.2.2.2. Corrección Radiométrica.

El principal objetivo de esta corrección es obtener los errores y corregir mecánicamente en el sensor que son generados en los píxeles los cuales son relacionados directamente con la retro difusión de radar, esto implica la regeneración de líneas y píxeles perdidos.

Una vez que se generó la corrección topográfica se usó la misma para la radiométrica, mediante la herramienta *radiometric*, con un factor de escala de 0,10.

**Figura 7**

*Herramienta Radiometric*



Fuente: Autores

### 3.2.2.3. Corrección atmosférica.

La corrección atmosférica aplicada en la utilización de imágenes digitales, tiene como objetivo de suprimir el efecto de los aerosoles y la radiación interna que se penetra en el sensor y se refleja en la imagen, esto refleja el resultado de la correlación del sensor con la atmósfera. Después de la corrección atmosférica, se obtiene una visualización de la imagen mejorada. Incluso si elimina el elemento interno de la atmósfera.

En base a la corrección radiométrica se corrigieron atmosféricamente, con la ayuda de la herramienta *flash atmosferic*. Para este tipo de correcciones fue necesario tener la información de la imagen satelital, la misma que se encuentra en el metadato de la imagen satelital, la misma que se basa en la fecha de la toma de la imagen satelital por el sensor, coordenadas, efecto del aerosol, y tipo de sensor que se obtuvo la imagen satelital.

**Figura 8**

*Herramienta Flash Atmosferic*

FLAASH Atmospheric Correction Model Input Parameters

Input Radiance Image

Output Reflectance File

Output Directory for FLAASH Files C:\Users\AppData\Local\Temp

Rootname for FLAASH Files

Scene Center Location DD <-> DMS Sensor Type UNKNOWN-HSI Flight Date Jan 1 2000

Lat 0 0 0.00 Sensor Altitude (km) 0.000

Lon 0 0 0.00 Ground Elevation (km) 0.000 Flight Time GMT (HH:MM:SS) 0:0:0

Pixel Size (m) 0.000

Atmospheric Model Tropical Aerosol Model Rural Spectral Polishing Yes

Water Retrieval Yes Aerosol Retrieval 2-Band (K-T) Width (number of bands) 9

Water Absorption Feature 1135 nm Initial Visibility (km) 40.00 Wavelength Recalibration No

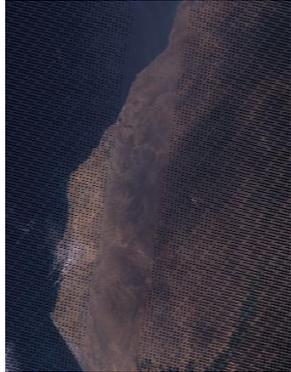
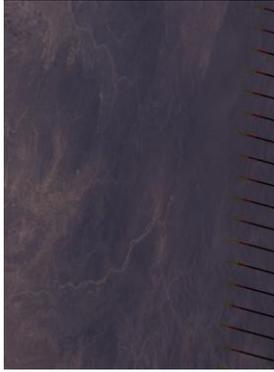
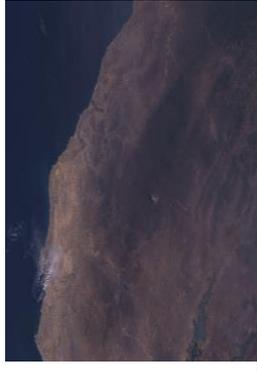
Apply Cancel Help Hyperspectral Settings... Advanced Settings... Save... Restore...

Fuente: Autores

Luego de realizar las correcciones enunciadas anteriormente se obtuvo las imágenes satelitales corregidas (Ver la figura 9).

**Figura 9**

*Imagen satelital corregida*

<b>Imagen satelital sin corregir</b>	<b>Corrección topográfica</b>	<b>Corrección radiométrica</b>	<b>Corrección atmosférica</b>
			

Fuente: (Autores, 2022)

### ***3.2.3. Identificación de regiones de interés***

Para determinar las zonas de clasificación, fue necesario generar una combinación espectral, cuya combinación fue de 4,3,2, basado en el manual de Landsat 7-8, la cual especifica qué tipo de combinaciones espectrales existen, dependiendo el tipo de estudio que se quiera realizar.

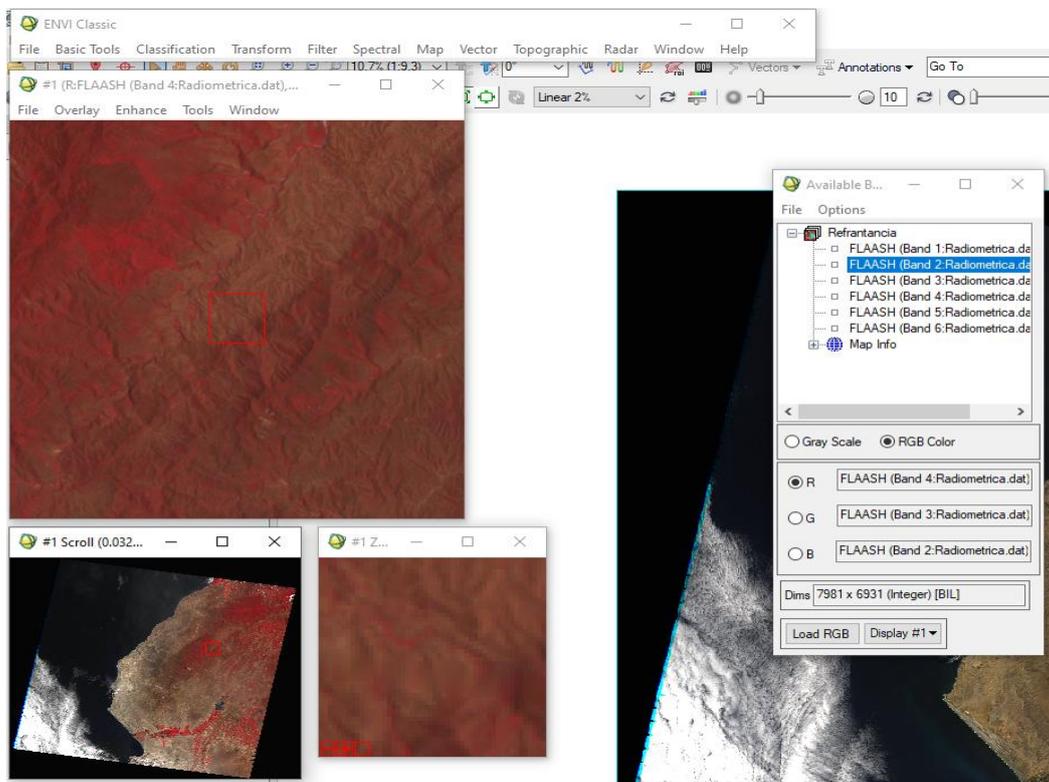
La banda 4 es la designada en identificar precisamente la finalización entre el suelo y los cuerpos de agua a través del color infrarrojo, cabe recalcar que esta banda es extremadamente beneficiadora con la clorofila, delineamiento de cuerpos de aguas, mapeos geomorfológicos, mapeos geológicos, áreas incendiadas, áreas húmedas, agricultura, vegetación por ello es importante observar la variación de cambios que existen en la vegetación, de modo que son expresados en color rojo. Por el contrario, la banda 3 representa la absorción de clorofila, diferenciación de especies vegetales, áreas

urbanas, uso de suelo, agricultura, uso de suelo, agricultura y calidad del agua en el tono rojo visible y por último la banda 2 identifica el mapeo de vegetación y calidad de agua en el tono verde visible.

Con el color azul claro se puede identificar estanques, ríos, lagos donde conllevan sedimentos en suspensión, en cambio los cuerpos hídricos se representan en tono azul oscuro estableciendo poco material en sedimentado. Cabe señalar que en el tono azul se puede representar las zonas urbanas o asentamientos poblacionales.

**Figura 10**

*Combinación espectral*



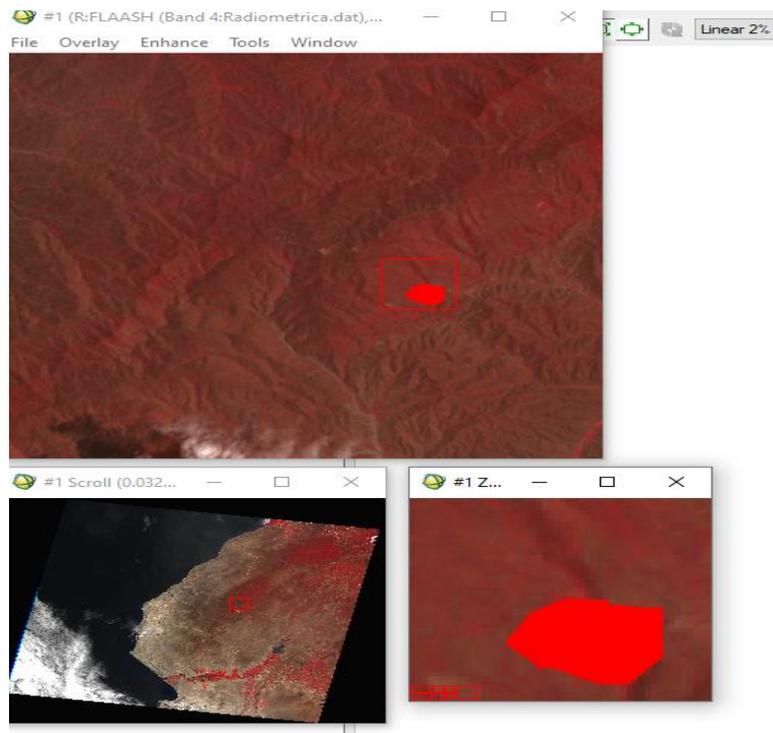
Fuente: Autores

### 3.2.4. Generación de ROIS

Una vez que se realizaron las combinaciones espectrales se generaron diferentes zonas de identificación, que fueron los cuerpos de agua, forestal protección, forestal producción, pecuario, conservación y protección.

**Figura 11**

*Rois*

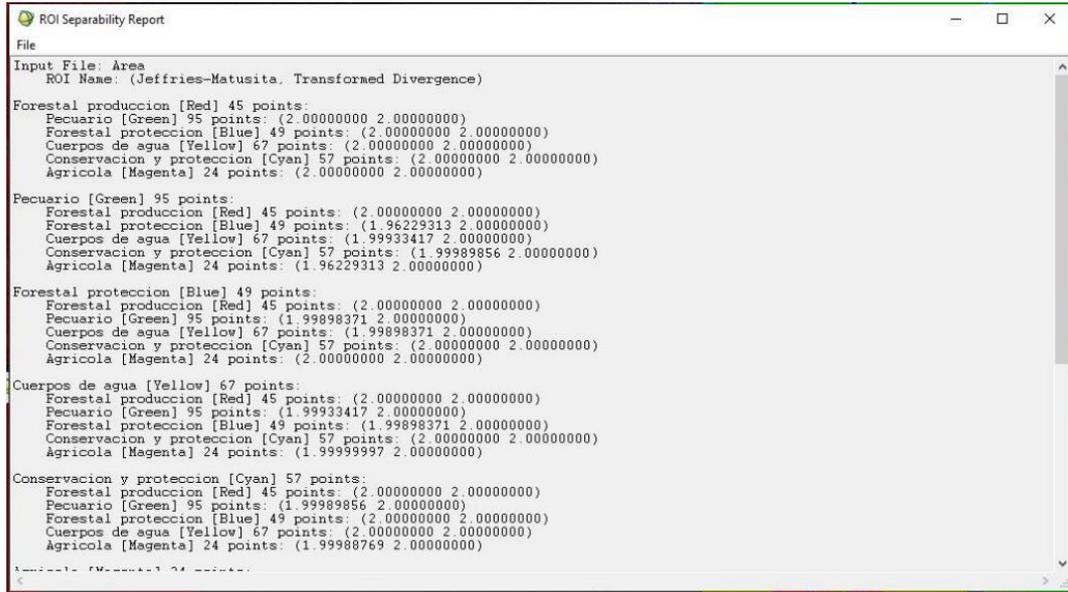


Fuente: Autores

Además, fue importante usar el multi zoom del software ENVI, para no cometer errores en la generación de ROIS. Consecuentemente, para que la identificación sea adecuada los índices de separabilidad se obtuvieron en el rango de 1,9 a 2.

**Figura 12**

*Índice de separabilidad*



Fuente: Autores

**3.2.5. Clasificación de imágenes satelitales**

El índice de separabilidad fue fundamental antes de la clasificación supervisada, ya que aseguro confiabilidad de las regiones de interés, seguidamente se clasifico recortando con la zona de interés. Clasificar estos tipo de imágenes satelitales representan de gran importancia porque son herramientas mapas temáticos, las mismas que especifican información evidentemente significativa, teniendo como objetivo comparar e interrelacionar las clases espectrales de las divisiones en el estudio.

En la clasificación supervisada representa de gran relevancia por permite la intervención del investigador que este dirigiendo el estudio y realizando la clasificación de las imágenes satelitales. El analista debe indicar el software que utiliza y como clasifica cada uno de los pixeles que se encuentren dentro de la imagen, de tal forma que la definición de las zonas de preparación las cuales son conocidas como la naturaleza de su ámbito. Para ello se utilizó la “Maximum Likelihood”, para lo cual fue necesario utilizar

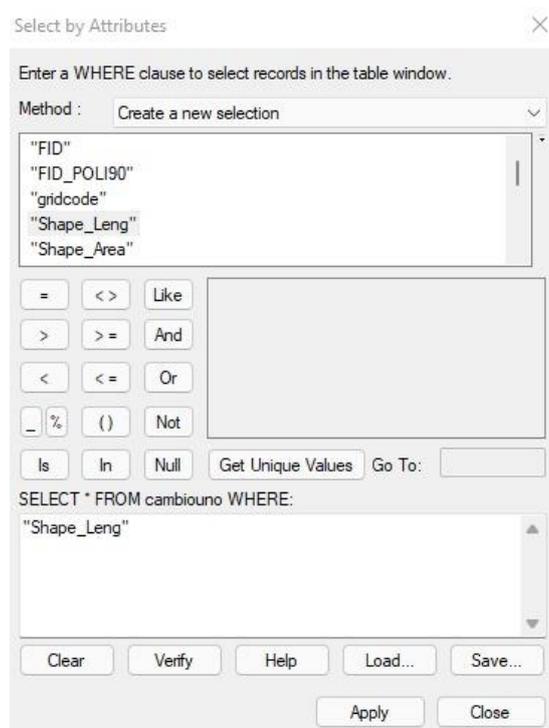
la herramienta *Build Mask Input File*, definiendo la máscara y los rois previamente identificados mediante la opción *Input ROIs*, generando con ello la clasificación supervisada y delimitando las zonas de clasificación.

### 3.2.6. Agrupación de polígonos

En el software ArcGIS se manejó la clasificación supervisada obtenida en el software Envi 5.3, como se generó en formato ráster se lo llevo a formato de polígono, eliminando aquellas áreas menores a 0,5ha. Seguidamente se verifico que cada polígono este correctamente clasificado haciendo una conexión directa entre el Google Earth y el ArcMap, corrigiendo aquellos que se clasificaron erróneamente mediante la herramienta de *Selección por atributos* y *file calculator*, esta última asignándole la codificación adecuada. Luego se procedió a la unión de los polígonos mediante la herramienta *dissolve* por *gricode*. Obteniendo así el mapa de cambio de uso de suelo.

**Figura 13**

*Herramienta Select by Attributes*



Fuente: Autores

Una vez estructurado el mapa de cambio de uso de suelo se obtuvieron el área, porcentaje y la descripción en función al *gridcode*.

Para una mejor visualización de la información resultante, se usó el modelo digital de elevación el cual se generó a partir de curvas de nivel, con ello permitió visualizar de manera más técnica la información obtenida.

### **3.3.Determinación de parámetros mediante estaciones meteorológicas (INAHMI)**

#### **3.3.1. Obtención los datos de las estaciones meteorológicas**

En esta sección se obtuvieron los datos meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI), el cual cuenta con datos desde 1982. Datos que han aportado en el análisis climatológico y en actividades de base científica, esto favoreció con el estudio de la provincia de El Oro. Cabe recalcar que las instituciones públicas son las principales fuentes de información y datos y con ello poder expandir la base dentro de un SIG.

##### **3.3.1.1.Precipitación.**

Mediante el registro histórico de las precipitaciones se logró evaluar los valores provenientes en la zona de estudio para corroborar los cambios en el tiempo establecido y como esto ha influenciado en la desertificación. Cabe destacar que esta variable permite realizar las actividades y diversas planificaciones desde el inicio de una siembra hasta la finalización del ciclo del cultivo.

**Tabla 2**

*Datos meteorológicos de precipitación del año 1990 al 2020.*

ESTACIONES	PRECIPITACION (mm)				LATITUD	LONGITUD	CODIGO
	1990	2000	2010	2020			
<b>ARENILLAS</b>	293,7	321	1716,8	1716,8	605083,6	9608572,9	M179
<b>MACHALA - UTM</b>	633,2	1384,9	2250	1586,75	640754,9	9657269,4	M185
<b>ZARUMA</b>	1180,8	1202,6	1860,6	1180,8	654213	9591035,4	M180
<b>CHACRAS</b>	517,2	448,1	1002,9	517,2	589069,8	9608281	M482
<b>LA GRANJA STA.</b>	663,5	511	1032,4	621,8	622055,5	9636530,7	M292
<b>INES (UTM)</b>							
<b>PAGUA</b>	557,3	1670,5	1113,9	1422,8	636930,7	9660652,1	M184
<b>PASAJE</b>	1028	1028	1028	1028	636773,7	9632736	M040
<b>PIÑAS</b>	1229,8	1229,8	1229,8	1229,8	644065,5	9593507,7	M773

*Nota.* Los datos obtenidos son del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI), en los anuarios de los años 1990, 2000 y 2010, realizando interpolación para el año 2020.

Fuente: (INAMHI, 2020)

### **3.3.2. Temperatura**

En cuanto a la variable temperatura del aire la cual constituye uno de los puntos más importantes al referirse en términos meteorológicos por su gran aporte a la distribución de organismos en la superficie terrestre y el crecimiento de los mismos. Esta variable es representativa de las zonas identificadas por temperaturas frías y calientes, teniendo en cuenta que los datos obtenidos son la sumatoria de las temperaturas máximas y mínimas logrando un resultado equivalente.

**Tabla 3***Datos meteorológicos de temperaturas del año 1990 al 2020.*

ESTACIONES	TEMPERATURA (°C)				LATITUD	LONGITUD	CODIGO
	1990	2000	2010	2020			
<b>ARENILLAS</b>	25,6	25,6	26	25,73	605083,6	9608572,9	M179
<b>MACHALA - UTM</b>	25,35	24,85	25,15	25,12	640754,9	9657269,4	M185
<b>ZARUMA</b>	22,99	23,14	22,65	22,93	654213	9591035,4	M180
<b>CHACRAS</b>	24,3	26,04	25,83	25,39	589069,8	9608281	M482
<b>LA GRANJA STA.</b>	22,65	25,44	25,55	24,55	622055,5	9636530,7	M292
<b>INES (UTM)</b>							
<b>PAGUA</b>	24,62	24,27	24,445	24,45	636930,7	9660652,1	M184

*Nota.* Los datos obtenidos son del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI), en los anuarios de los años 1990, 2000 y 2010, realizando interpolación para el año 2020.

Fuente: (INAMHI, 2020)

### **3.3.3. Evaporación**

En términos meteorológicos el proceso de evaporación es la transformación del agua convertida en vapor, controlada por la energía existente en la superficie y con ello la movilidad con la que el vapor puede esparcirse en la atmósfera. Comprendiendo esto es necesario conocer las estaciones establecidas en el estudio de la medición y variación de los datos meteorológicos.

**Tabla 4**

*Datos meteorológicos de evaporación del año 1990 al 2020.*

ESTACIONES	EVAPORACION (mm/d)				LATITUD	LONGITUD	CODIGO
	1990	2000	2010	2020			
<b>ARENILLAS</b>	1113,1	1202,5	1157,8	1157,80	605083,6	9608572,9	M179
<b>MACHALA - UTM</b>	1151,65	898,57	767,3	867,94	640754,9	9657269,4	M185
<b>CHACRAS</b>	2214,4	2149,3	2181,85	2214,40	654213	9591035,4	M482
<b>LA GRANJA STA.</b>	1161,2	812,4	1106,05	1146,13	589069,8	9608281	M292
<b>INES (UTM)</b>							
<b>PAGUA</b>	866,3	938,2	902,25	882,30	622055,5	9636530,7	M184
<b>PASAJE</b>	1100,8	1118,5	1109,65	1109,65	636930,7	9660652,1	M040

*Nota.* Los datos obtenidos son del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI), en los anuarios de los años 1990, 2000 y 2010, realizando interpolación para el año 2020.

Fuente: (INAMHI, 2020)

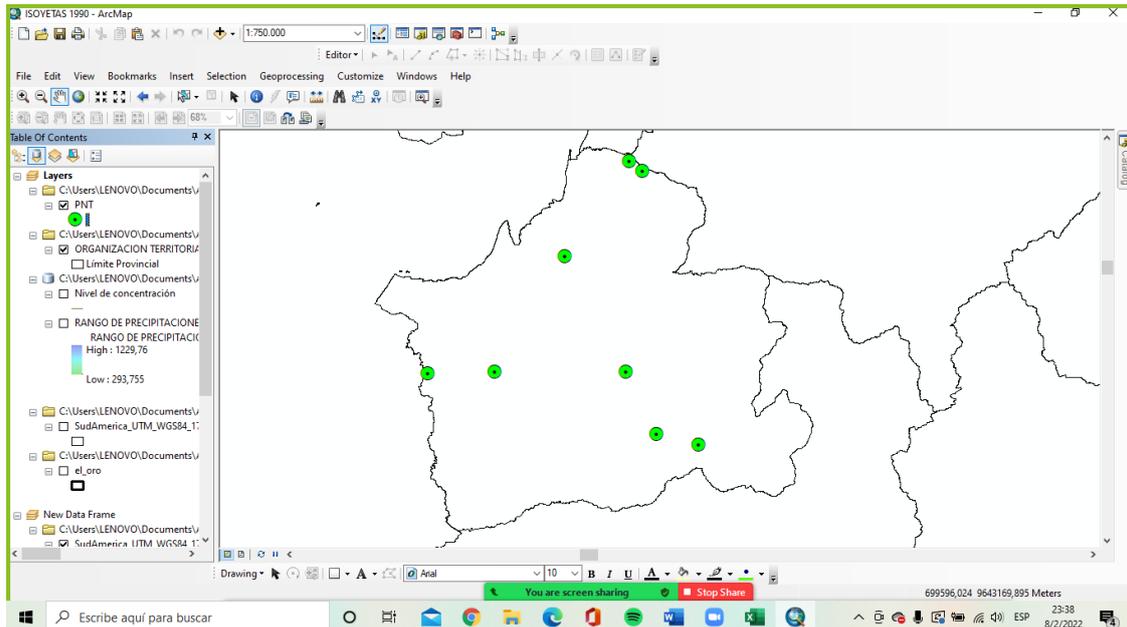
### **3.4. Procesamiento para la obtención de mapas con variables meteorológicas**

#### **3.4.1. Generación de puntos**

Inicialmente se procedió a la generación de puntos con las estaciones meteorológicas obtenidas por INAHMI, con los datos de latitud y longitud con la herramienta *Arc Catalog*, siguiente de la generación de un *Shapefile*, estableciendo las coordenadas en WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S.

**Figura 14**

*Generación de puntos*



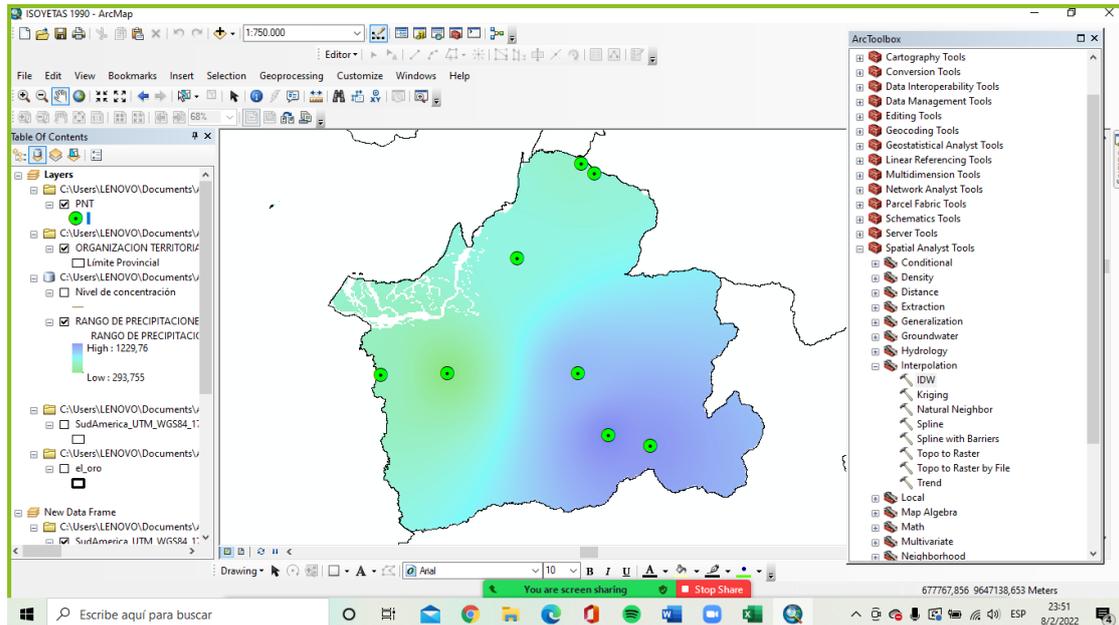
Fuente: Autores

### ***3.4.2. Aplicación de la herramienta IDW para la interpolación de valores***

Una vez generado los puntos, en la herramienta ArcToolbox, siguiente de Spatial Analyst Tools, se procedió a generar los valores mediante la herramienta IDW, denominada ponderación de distancia inversa, considerando un método de interpolación que evalúa la variación de datos, calculando valores de la muestra. Con respecto a el Shapefile, se agregó la capa de la provincia para delimitar la zona de donde se prendió obtener la información, obteniendo datos correspondientes para la comparación entre variables y años de estudio.

**Figura 15**

*Herramienta IDW*



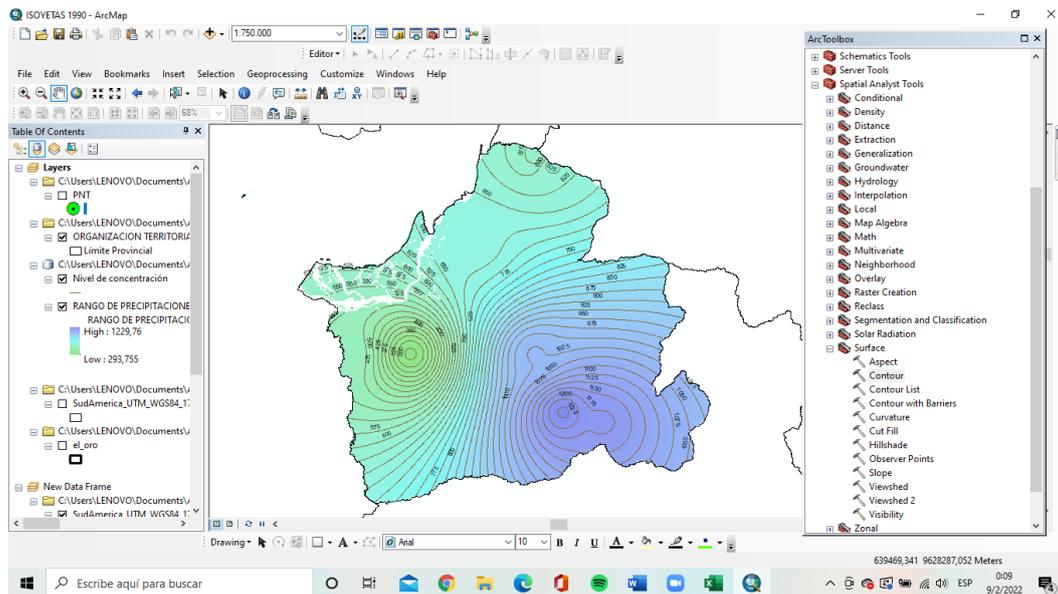
Fuente: Autores

**3.4.3. Utilización de la herramienta contour**

Las curvas de nivel son generadas mediante la herramienta *Surface*, obteniendo la opción de *Contour*, utilizando el ráster de datos obtenidos. Esta opción no permite valores negativos, además se puede obtener curvas con un nivel más suaves, pero no significa que no tenga la precisión adecuada. Considerando que las curvas de nivel no se expanden fuera del territorio de interés, es decir, de la extensión espacial del ráster.

**Figura 16**

*Generación de curvas de nivel*



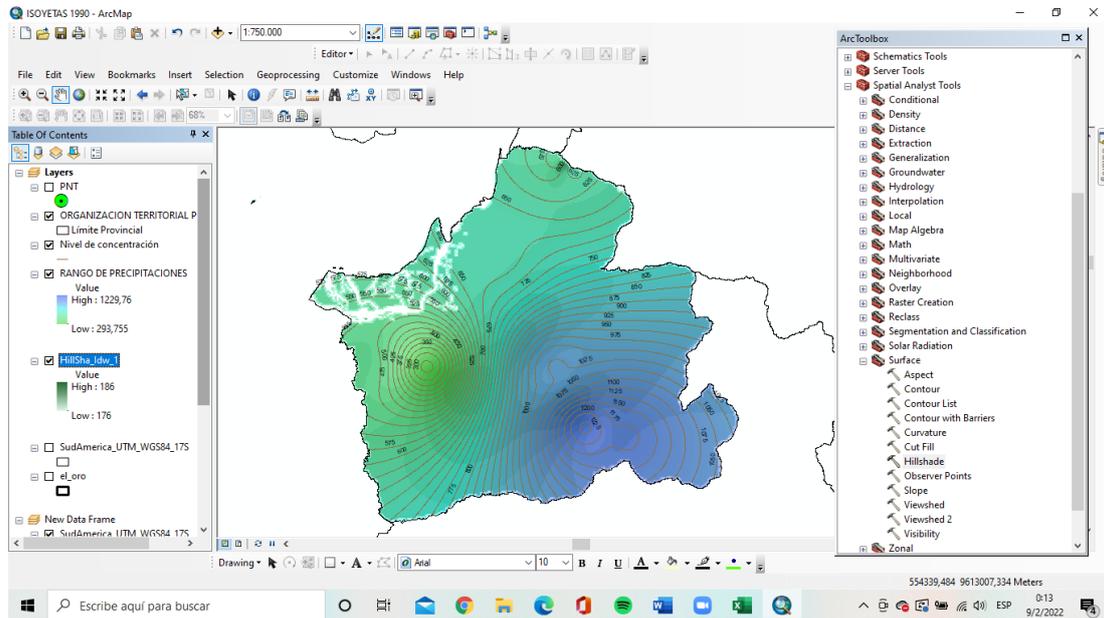
Fuente: Autores

### **3.4.4. Uso de sombras para la visualización**

La aplicación de la herramienta *Hillshade* es adecuada para definir la elevación en la parte superior de un ráster de sombreado, y con ello combinando con el ráster de elevación ya generado, lo que resulta atractivo y técnicamente presentable visualizar un mapa de relieve, por efecto, la luz, la sombra son generalmente tonos grises en el margen de números enteros aproximadamente de 0 a 255 lo que implica un aumento de negro a blanco exactamente.

**Figura 17**

*Producción de sombras*



Fuente: Autores

### **3.5. Métodos de validación en campo**

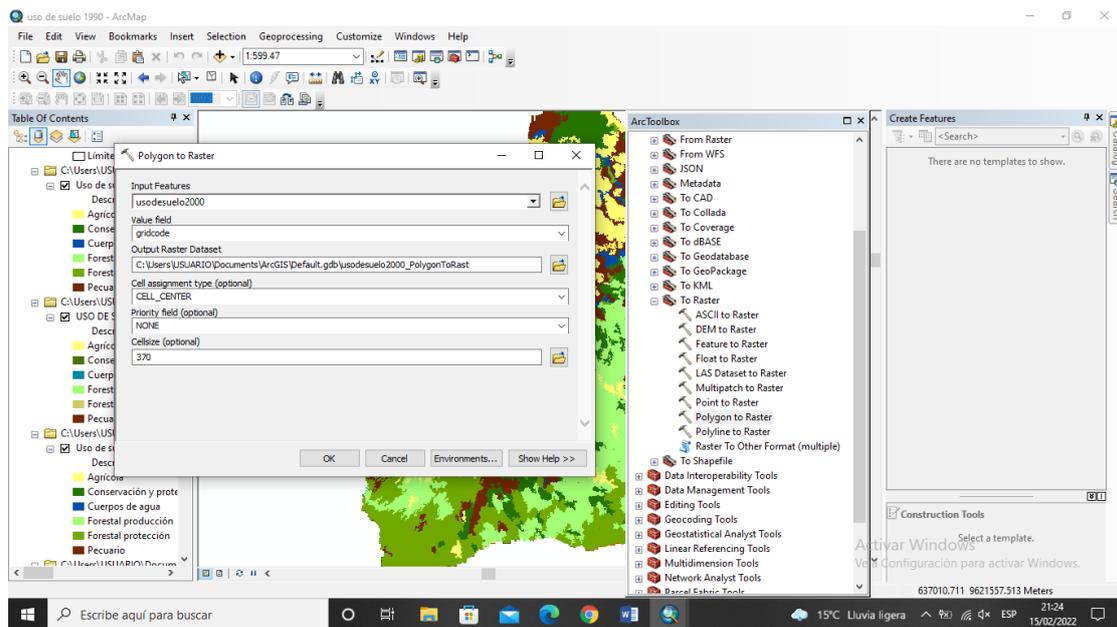
#### **3.5.1. Muestreo estratificado**

Cuando se habla de métodos para la validación de puntos se puede referir al autores (Hidalgo & Ramírez, 2009), los cuales explican sobre el Muestro Aleatorio Simple que representa estadísticamente los cálculos, considerado el básico dentro del muestreo, es importante recalcar que en la recopilación de las muestras aleatorias simples se determina un valor a cada objetivo de estudio, generando valores aleatorios y los valores que tienen esos datos con integradas en la muestra. Por el contrario, el Muestreo Estratificado como lo recalca (Ochoa, 2015), es una tecnológica donde el examinador divide a toda la zona de estudio en varios grupos para conseguir aleatoriamente los diferentes individuos de forma parcial, es un método que resalta los grupos determinados dentro de la zona de estudio.

Una vez identificados los métodos se optó por el método estratificado dentro del programa ArcMap 10.8, para conseguir una mejor exactitud de zona generando 200 puntos, se utilizó la función *Polygon to Raster*, que se encuentra en *ActToolBox Conversion Tools* → *To Raster*.

**Figura 18**

*Herramienta Polygon to Raster*

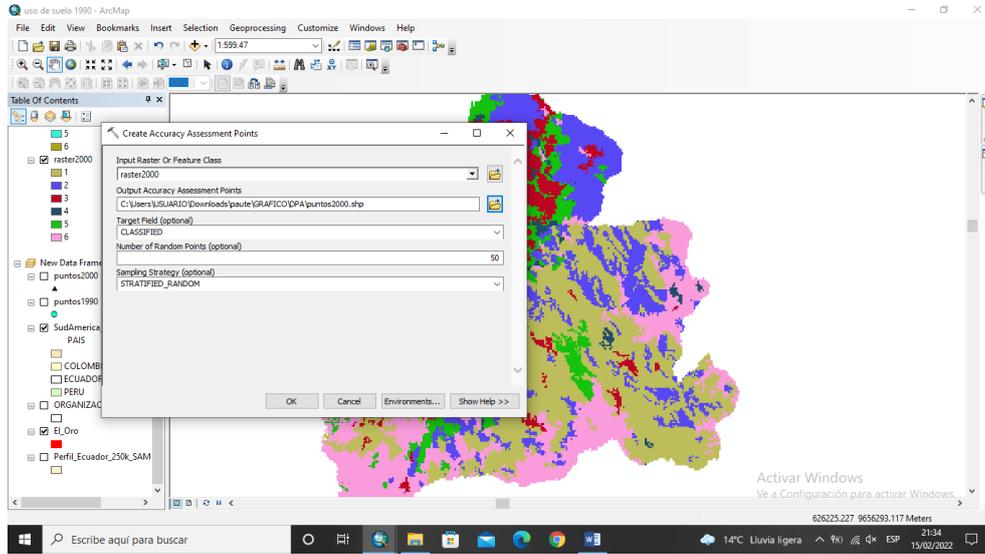


Fuente: Autores

Mediante la función *Search*, se encuentra la herramienta *Accuracy Assessment Points*, se determina una clase de valores referenciados, para lograr una interpretación mediante imágenes de alta resolución en este caso utilizando el mapa de uso de suelo definido con los componentes de interés, en este caso se generó 50 puntos por cada año de estudio 1990, 2000, 2010 y 2020.

**Figura 19**

*Herramienta Accuracy Assessmente Points*

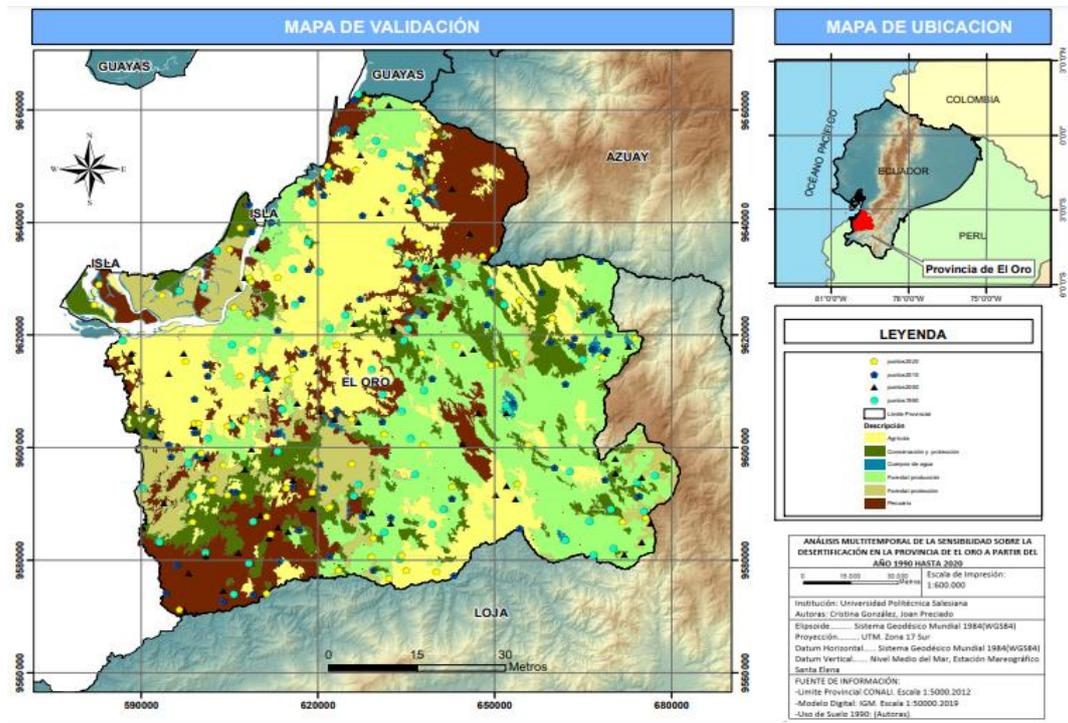


Fuente Autores

**3.6. Mapa de validación de los puntos de muestreo de la Provincia de El Oro**

**Figura 20**

*Mapa de validación*



Nota: se generó 200 puntos en todo el territorio provincial, mediante herramientas en función del ArcMap, logrando una exactitud a la verificación de las zonas de estudio.

Fuente: Autores

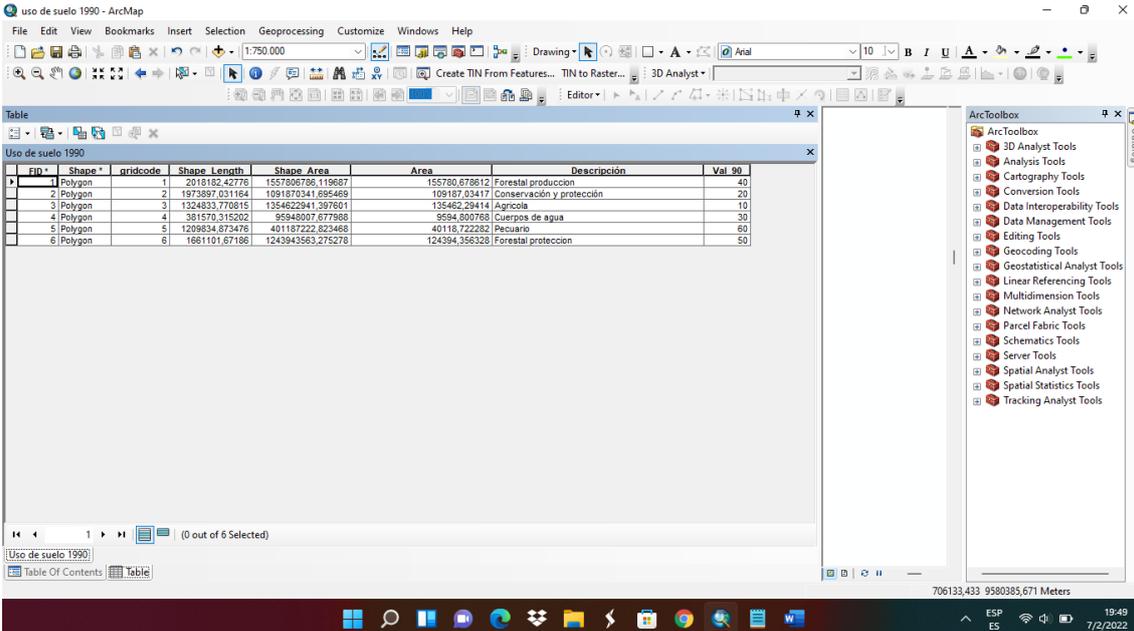
### 3.6.1. Matriz de transición

En base a la generación de puntos de muestro con el método estratificado en el mapa de uso de suelo, definiendo la probabilidad del cambio que existe en los años de estudio que fueron establecidos desde 1990 al 2000, 2000 al 2010, 2010 al 2020, considerando el estudio del cambio cada 10 años y de manera general una matriz del año 1990 al 2020 para observar la variabilidad en los 30 años consecuentemente.

Se procedió a definir a cada componente una codificación Agrícola 10, Conservación y protección 20, Cuerpos de agua 30, Forestal producción 40, Forestal protección 50, Pecuario 60.

**Figura 21**

*Determinación de código.*



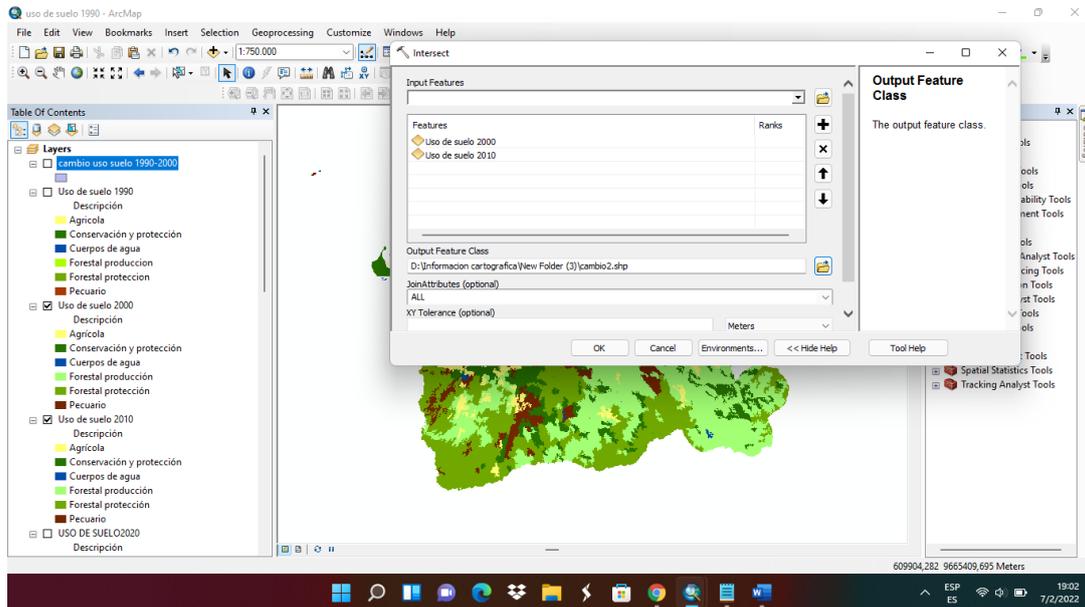
FID	Shape	gridcode	Shape Length	Shape Area	Area	Descripción	Val 90
1	Polygon	1	2018182.42776	1557806796.119687	155780.678612	Forestal producción	40
2	Polygon	2	1973887.031164	1091870341.695489	109187.03417	Conservación y protección	20
3	Polygon	3	1324833.770615	13546222941.397001	135462.29414	Agrícola	10
4	Polygon	4	381570.315202	85948007.677988	8594.800768	Cuerpos de agua	30
5	Polygon	5	1209834.873476	401187222.823468	40118.722282	Pecuario	60
6	Polygon	6	1861101.67186	1243943583.275278	124394.356328	Forestal protección	50

Fuente: Autores

Se utilizo la herramienta *Intersect*, que se encuentra en *AccToolBox*, luego en *Analysis Tools*, *Overlay*, por último, *Intecsect*, esta herramienta calcula la intersección asociando los valores principales lo que implica una agrupación de capas que se superponen, es decir, los *shapefiles del* tiempo de estudio genera un mapa provisional de salida.

**Figura 22**

*Herramienta Intersect*

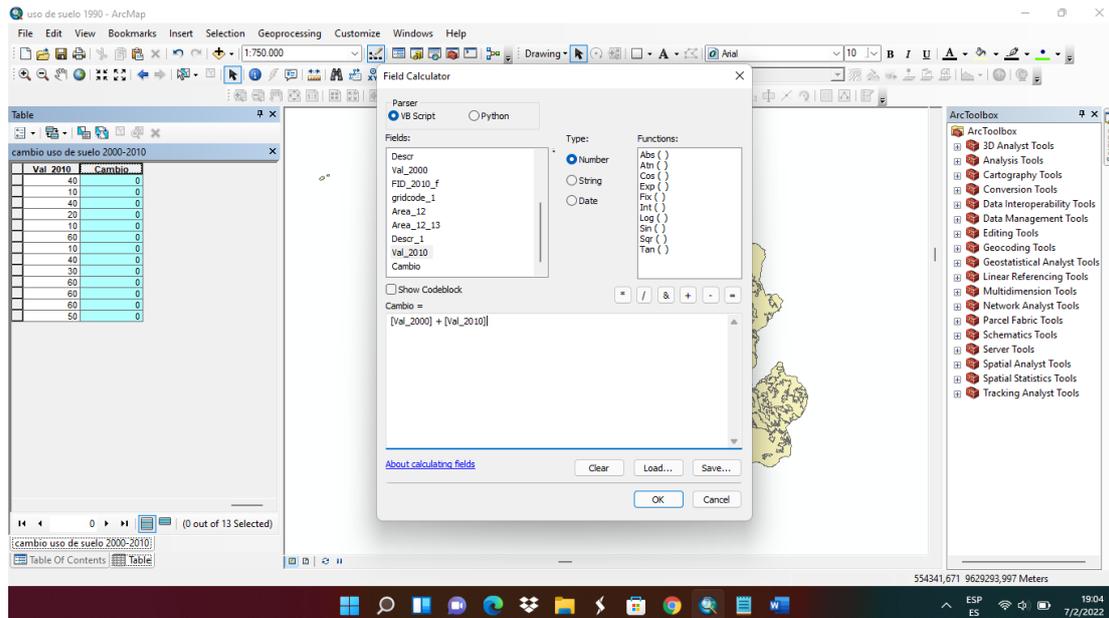


Fuente: Autores

Una vez interceptado se procede a generar y verificar si existe o no el cambio en los años establecidos de estudio mediante la herramienta *Fied Calculator*, seleccionando los valores de interés. Consecuentemente se calculó el área de las zonas para obtener exactamente el área total de las zonas que han cambiado y las que se han conservado.

**Figura 23**

*Herramienta Fied Calculator*



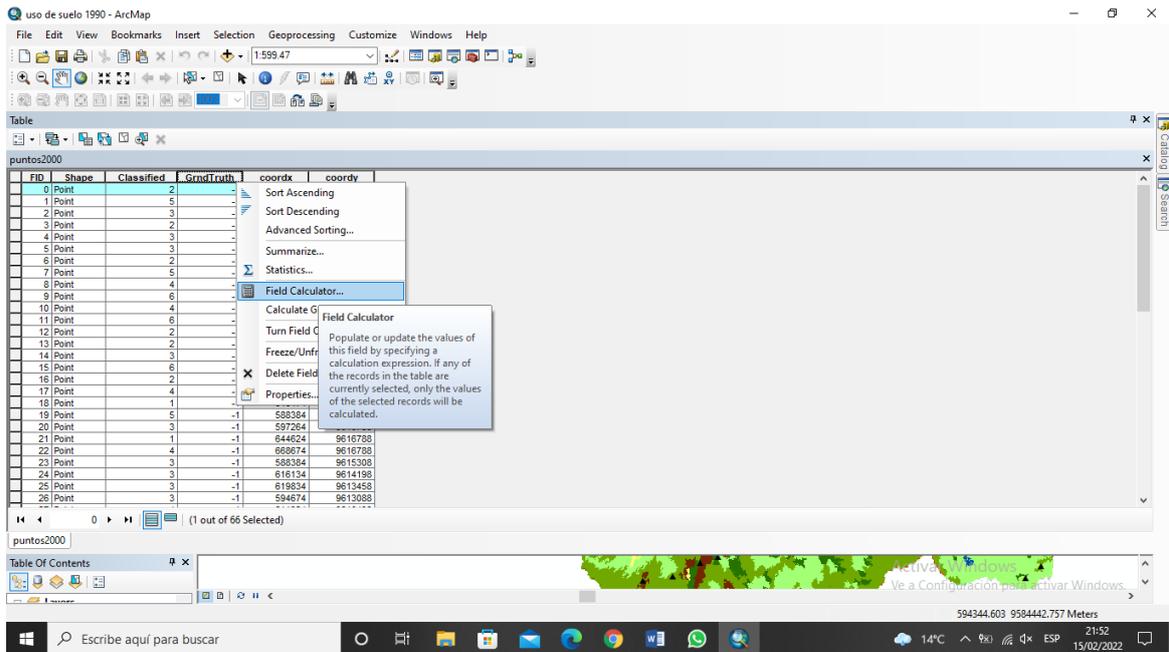
Fuente: Autores

### 3.6.2. Matriz de confusión

Para validar los puntos se calcula la matriz de confusión para lograr una precisión, por medio de la herramienta *Fied Calculator*, generadas mediante la codificación en la matriz definiendo Agrícola 1, Conservación y protección 2, Cuerpos de agua 3, Forestal producción 4, Forestal protección 5, Pecuario 6, con ello se identifican las zonas respectivamente, con la combinación anteriormente utilizadas en ENVI en el mapa de uso de suelo.

#### Figura 24

*Herramienta Fied Calculator*

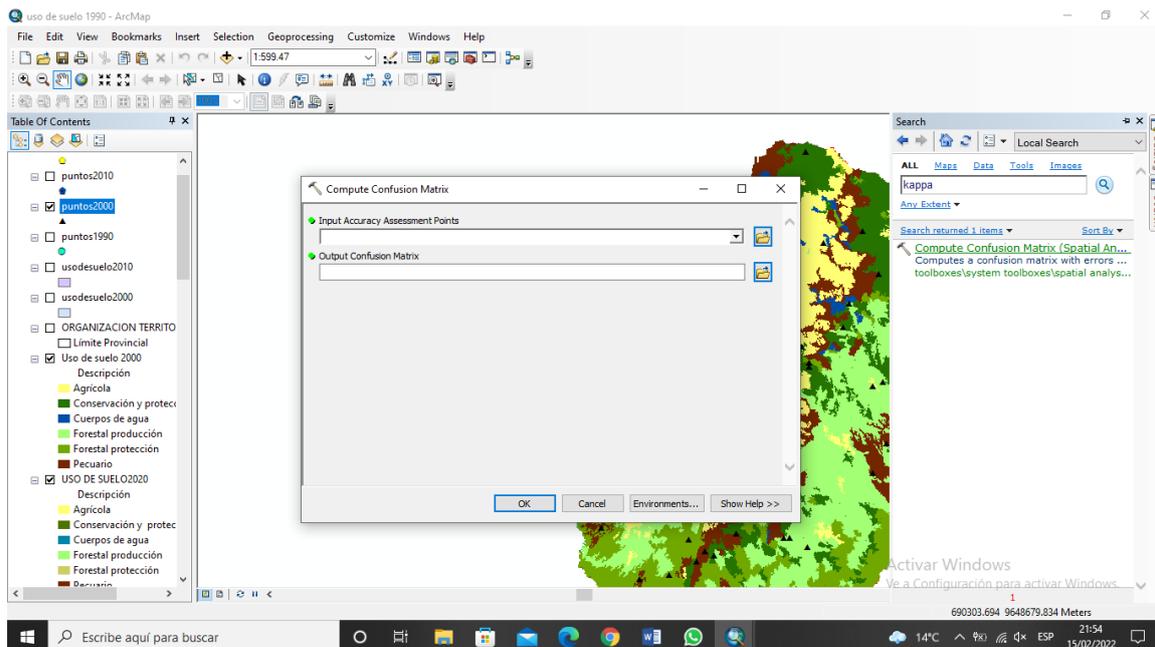


Fuente: Autores

Mediante el índice Kappa global lo que genera un resultado por cada componente. Es representativa en valores de 0 y 1, equivalente al 100 por cien de exactitud. Esto se calcula una vez verificado en campo en las coordenadas correspondientes, para validar la efectividad del método, por medio de la función *Compute Confusion Matrix*, la cual se encuentra en la herramienta de *Search*.

## Figura 25

*Función Compute Confusión Matrix*



Fuente: Autores

## 4. RESULTADOS

Los procesos de desertificación no se pueden analizar de forma separada, deben involucrarse los factores económicos, ambientales, estructurales y biológicos. Para ello, se hace uso de diferentes análisis como son los cambios de uso de suelo y las variables de intervención como la temperatura, precipitación y evaporación etc. Las cuales, son las que definen el comportamiento de la desertificación sobre una zona previamente delimitada.

### 4.1. Análisis de los cambios de uso de suelo del año 1990 al 2020

La cobertura y uso del terreno son elementos claves para analizar los procesos de desertificación, ya que relacionan las actividades humanas con el ambiente y la interacción que sucede entre ellos. Este tipo de análisis son importantes porque determinan la forma en que la cobertura terrestre es utilizada por el hombre y los efectos que ocasiona esta con el ambiente. Además, en un contexto global, el suelo está caracterizado por tener diferente tipo de uso y aprovechamiento como el Agrícola,

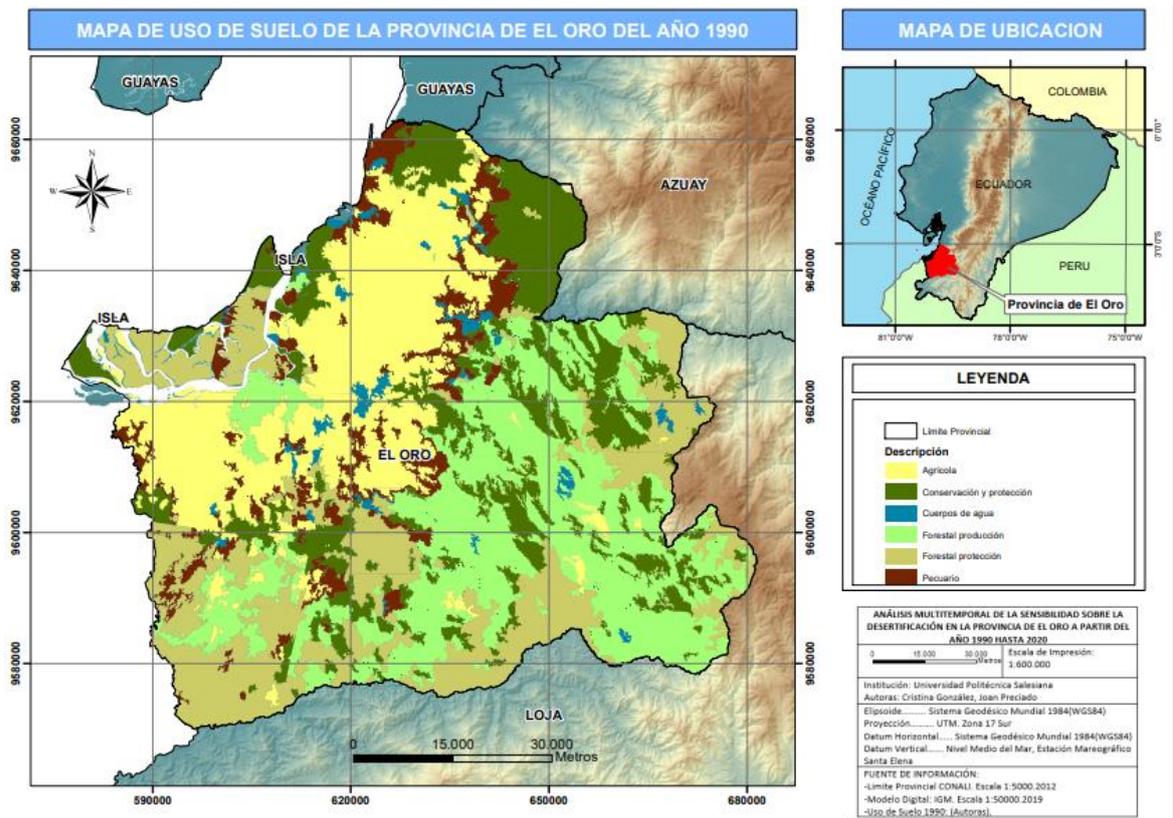
Conservación y Protección, Cuerpos de agua, Forestal Producción, Forestal Protección y Pecuario, que son los de mayor interés en este estudio. A continuación, se muestran los resultados:

#### 4.1.1. Cambio de uso de suelo de 1990

Para el año de 1990 se analizó los cambios de uso de suelo, que se obtuvieron a partir de un análisis geoespacial en donde se obtuvo diferentes zonas de interés, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 26**

*Mapa uso de suelo 1990*



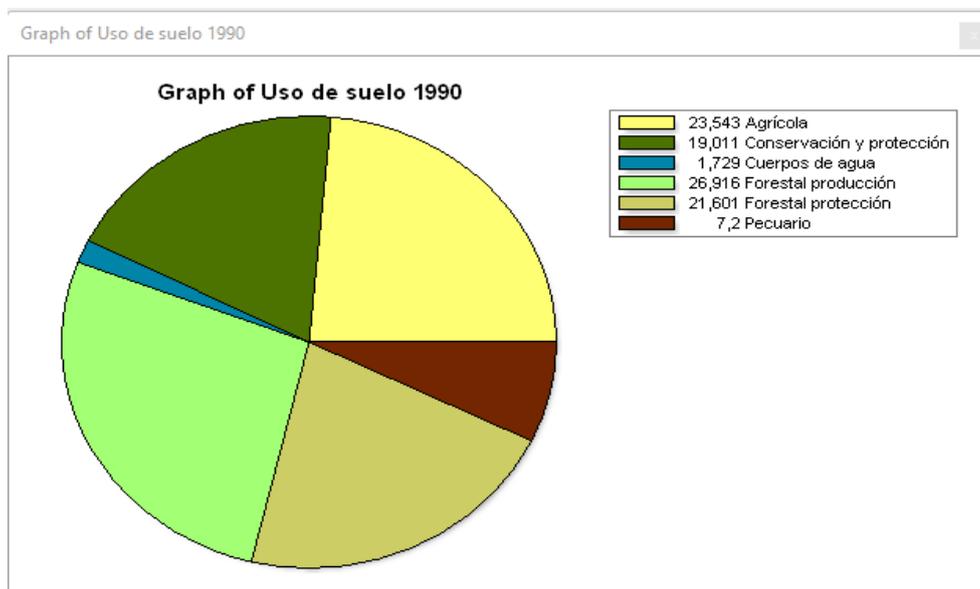
Fuente: Autores

En la figura 26 se puede observar el cambio de uso de suelo de 1990, en donde la extensión territorial se concentra sobre la zona agrícola, la misma que inicia si expansión

superficial, específicamente aguas arriba, si bien es cierto para ese año se daban los primeros yacimientos de remoción de cobertura vegetal, los cuerpos de agua aún se veían en gran magnitud especialmente sobre el cantón Machala. Pese a ese antecedente, las zonas de protección, conservación y protección aun mantenían su cobertura vegetativa, lo cual ocasionaba que los procesos erosivos sobre el suelo no vayan en aumento, pero para los próximos años esta realidad comienza a cambiar.

**Figura 27**

*Área de las zonas de interés del año 1990 (Ha)*



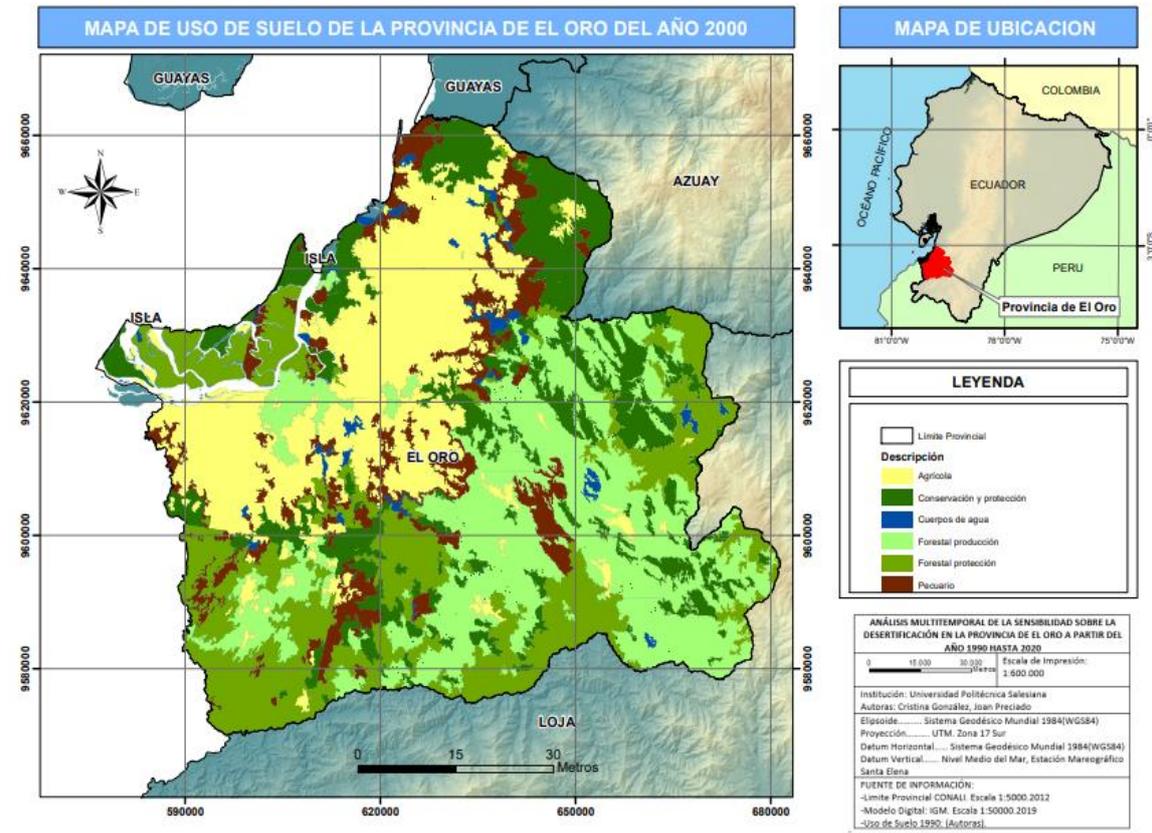
Fuente: Autores

En las figuras 26 y 27, se puede observar las respectivas representaciones gráficas extraídas del software ARCGIS 10.8, correspondientes al cambio de uso de suelo del año 1990, teniendo que para la zona agrícola existió el 23,54%, la zona de conservación y protección el 19,01%, cuerpos de agua el 1,72%, forestal producción el 26,91% y pecuario el 7,2%.

#### 4.1.2. Cambio de uso de suelo de 2000

Figura 28

Cambio de uso de suelo 2000



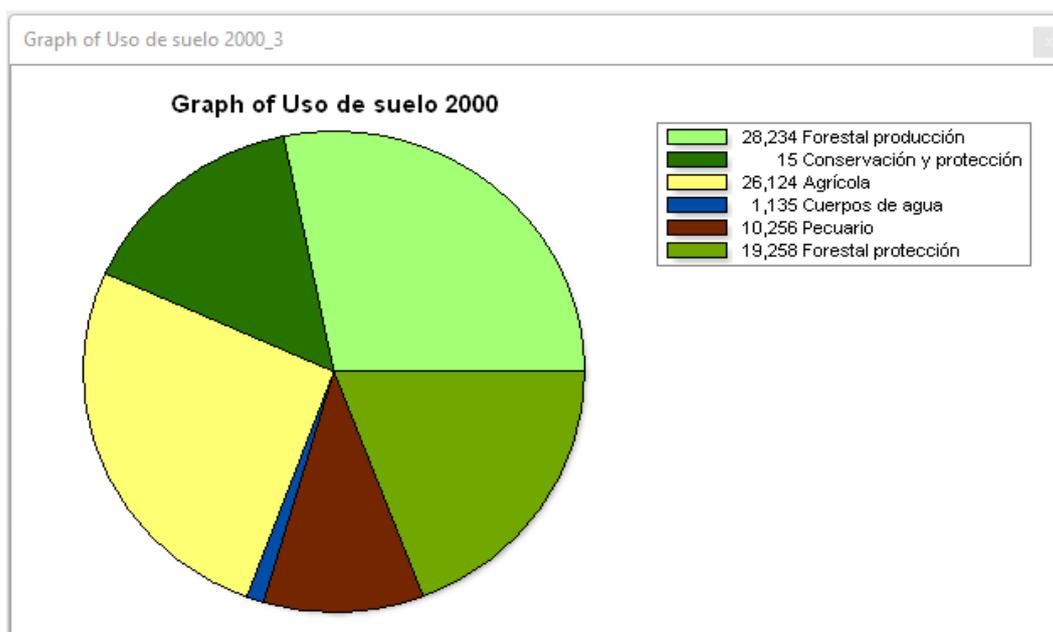
Fuente: Autores

En la figura 28 se puede observar el cambio de uso de suelo del año 2000 en donde las cosas cambian específicamente sobre la zona de protección, se observa claramente que las zonas forestal protección, forestal producción, y conservación protección comienza a verse en reducción de sus áreas vegetativas, esto especialmente por el aumento de la zona pecuaria aguas abajo, lo cual incide directamente sobre la microbiota del suelo, afectando directamente no solo a la capa madre sino a la estabilidad hídrica. Además, observamos que las zonas agrícolas comienzan a tomar control en las zonas de protección, las mismas

áreas que se van perdiendo a través de esa década. En este año es que comienzan los procesos de infertilidad sobre los suelos erosionados ambientalmente.

**Figura 29**

*Área de las zonas de interés del año 2000 (Ha)*



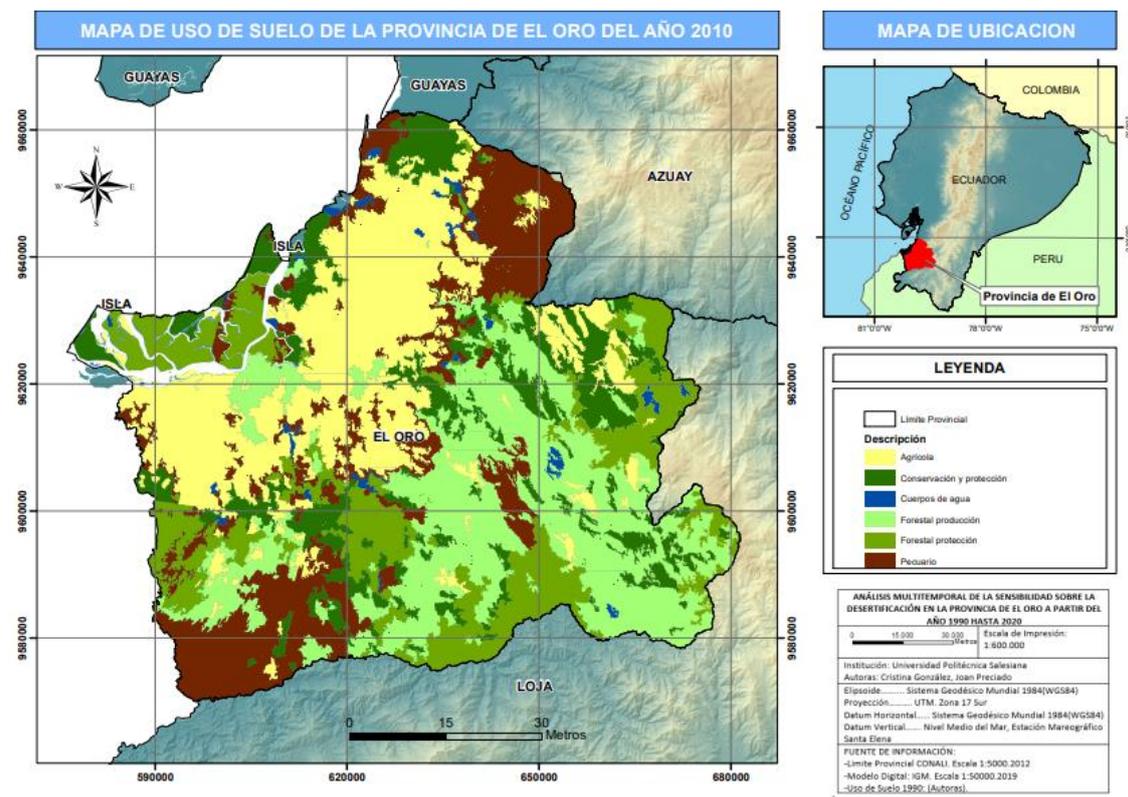
Fuente: Autores

En la figura 28 y 29, se puede observar que existió un leve aumento de las zonas agrícolas a 26,12%, la zona de forestal producción el 28,23%, conservación y protección el 15,001%, los cuerpos de agua se vieron en reducción a 1,13%, la zona pecuaria tuvo un leve aumento a 10,25% y la zona forestal protección existió una reducción al 19,25% con respecto a la última década analizada.

### 4.1.3. Cambio de Uso de suelo de 2010

Figura 30

Cambio de uso de suelo 2010



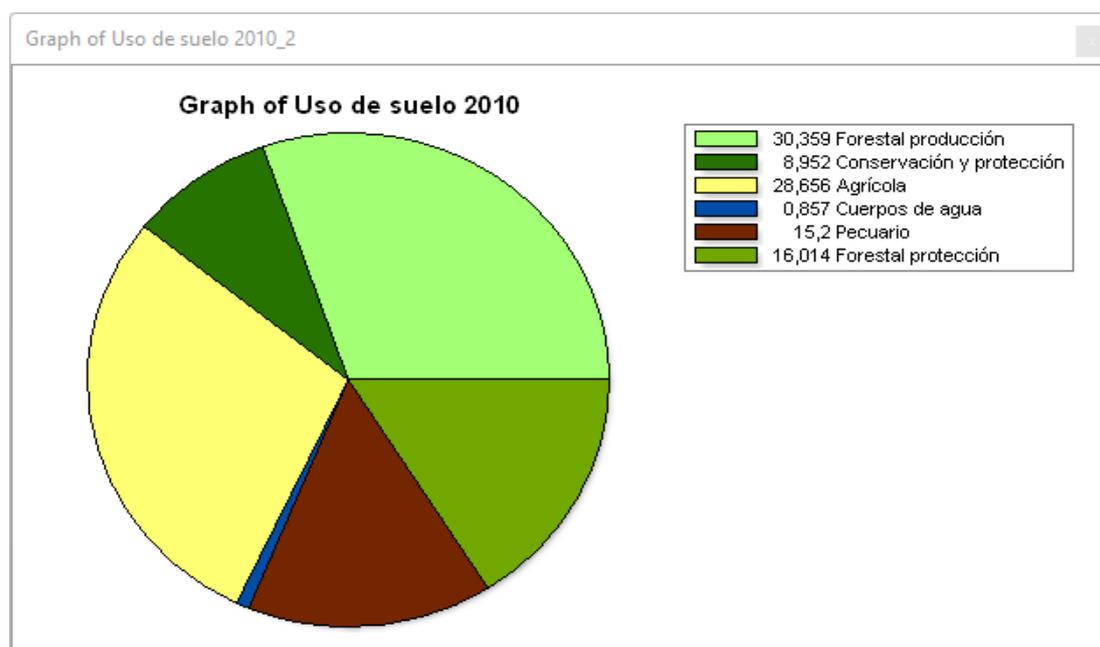
Fuente: Autores

En la figura 30 se observa el cambio de uso de suelo del año 2000, en donde se espera que los esfuerzos de los gobiernos estatales tengan resultados, es en esta década que comienzan los programas de reforestación sobre áreas de protección que se han ido perdiendo, pero es aquí en donde las cosas se ven cada vez peor, porque si bien es cierto la zona agrícola no sigue su extensión sobre zonas protegidas, pero la actividad pecuaria si y sus malas prácticas agrícolas aún más, ocasionando afecciones directas sobre los cuerpos de agua, las mismas que se han perdido hasta ese momento en más del 60%, algo preocupante ya que la zona de protección evidencia una pérdida notable y sin regreso

alguno. Si bien es cierto, los programas de reforestación comienzan a hacer efecto, pero es para esta última década, en donde los resultados comienzan a verse, mientras tanto para el año 2000 los procesos erosivos y de infertilidad afectan cada vez a las áreas vegetativas.

### Figura 31

*Área de las zonas de interés del año 2010 (Ha)*



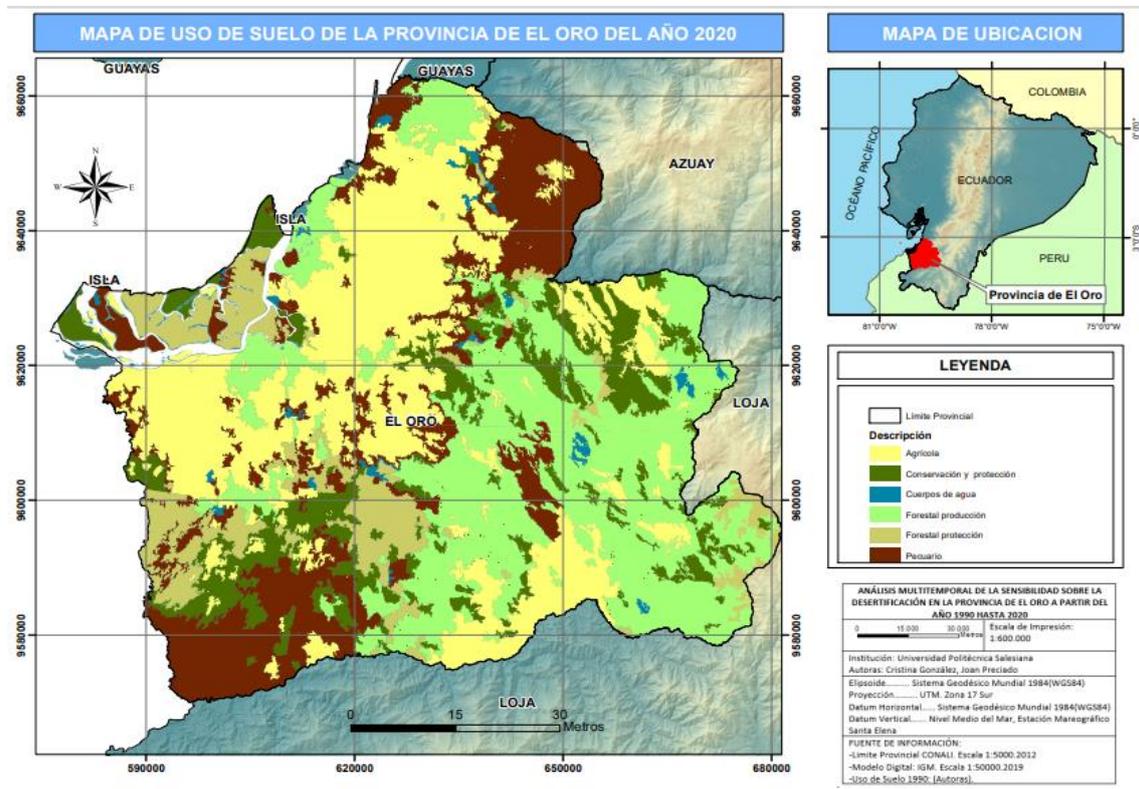
Fuente: Autores

En las figuras 30 y 31, se puede observar que para el año 2010 la zona forestal producción aumento con respecto al año 2000 a 30,35%, la zona de conservación y protección al 8,95%, la zona agrícola aumento al 28,65%, los cuerpos de agua se perdieron al punto de llegar al 0,85%, la zona pecuaria aumento al 15% y la zona forestal protección al 16,01%.

#### 4.1.4. Cambio de Uso de suelo de 2020

Figura 32

Cambio de uso de suelo 2020

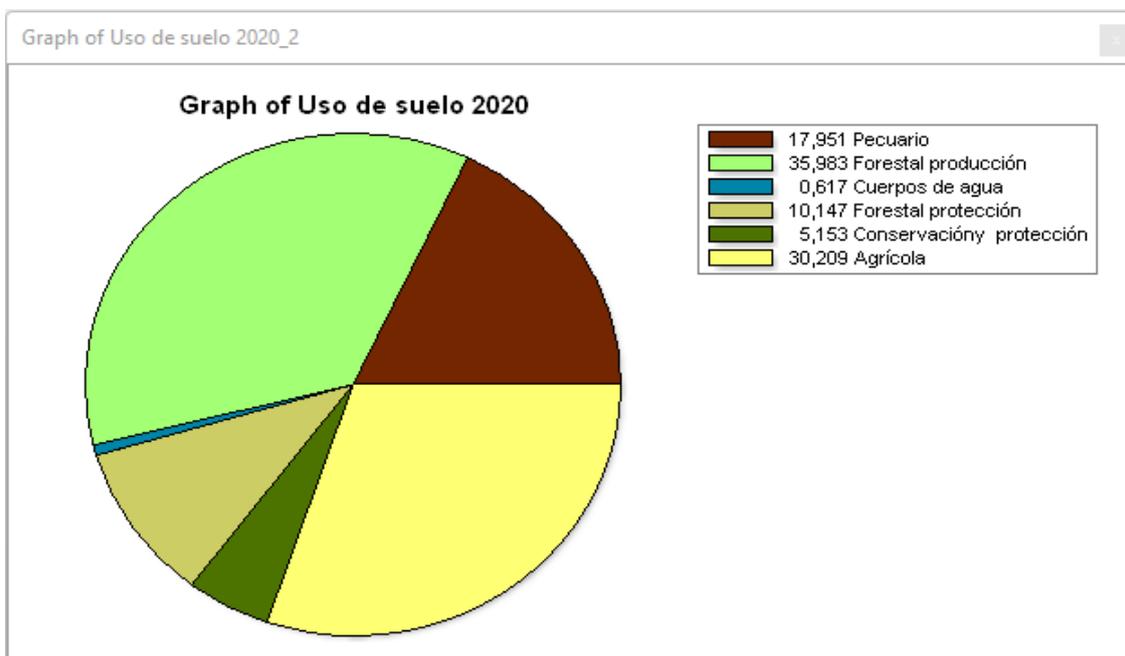


Fuente: Autores

En la figura 32 se observa el cambio de uso del suelo del año 2020, las cosas son algo alentadoras debido a que gracias a los programas de reforestación que inician en el 2010 se logra recuperar las zonas vegetativas, y parte de cuerpos de agua, pero la zona agrícola se ha extendido sobre las áreas de protección, evidenciando claramente una pérdida del ecosistema, pero no por extensión ganadero, sino claramente que las condiciones climatológicas sobre esta última década influenciaron para que estos cambios se dieran de esa manera. Los nichos ecológicos, se pierden y las especies cada vez se ponen en riesgo. Las afecciones se observan que se producen en mayor proporción aguas arriba.

**Figura 33**

*Área de las zonas de interés del año 2020 (Ha)*



Fuente: Autores

En las figuras 32 y 33, se puede observar que para el año 2020 la zona forestal producción aumento con respecto al 2010 al 35,98 %, la zona de conservación y protección 5,15%, la zona agrícola aumento al 30,20%, los cuerpos de agua se perdieron al punto de llegar al 0,61%, la zona pecuaria aumento al 17,95% y la zona forestal protección al 10,14%.

#### **4.2. Análisis de las variables de incidencia en los procesos de desertificación**

Los procesos de desertificación se producen por diferentes factores ambientales, los cuales ocasionan problemas sobre la zona de producción, seguridad alimentaria, nicho ecológico, etc., Especialmente problemas que derivan de la degradación de tierras de pastoreo, pérdida de la cubierta vegetal, y aumento de los niveles de erosión, ocasionando la degradación de la vegetación y de los suelos. Además, los factores que inciden sobre

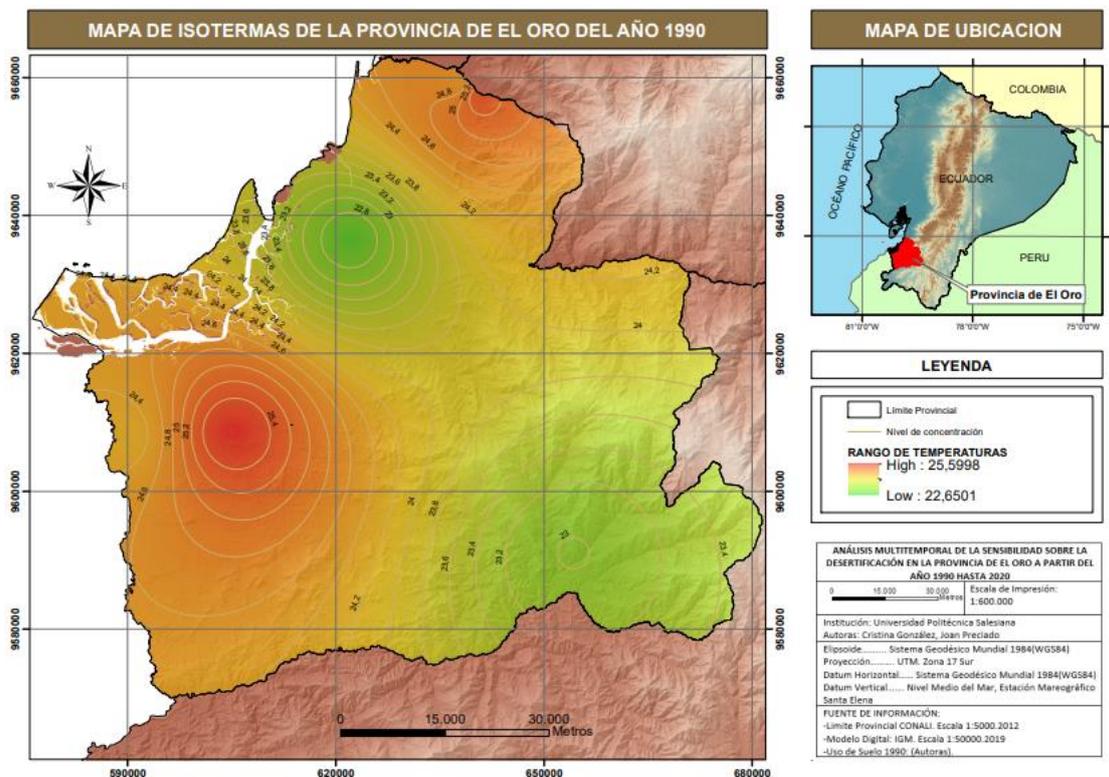
este tipo de procesos son el uso de la tierra, manejo de la tierra, precipitación, temperatura, evapotranspiración, los mismos que se analizarán detenidamente a continuación.

#### 4.2.1. Variación de la temperatura de 1990 al 2020

La temperatura juega un papel importante en los procesos de desertificación, porque es la causa principal de las sequías en zonas áridas o semiáridas, influenciando directamente a un aumento de la erosión y con ello a la pérdida de vegetación, es por ello que es importante hacer un análisis elemental sobre los niveles de temperatura que se han dado en la zona de estudio, y como han influenciado en los procesos ya mencionados anteriormente. A partir de ahí se presenta a continuación el análisis de la temperatura correspondiente a la zona de estudio.

**Figura 34**

*Análisis de la temperatura del año 1990.*

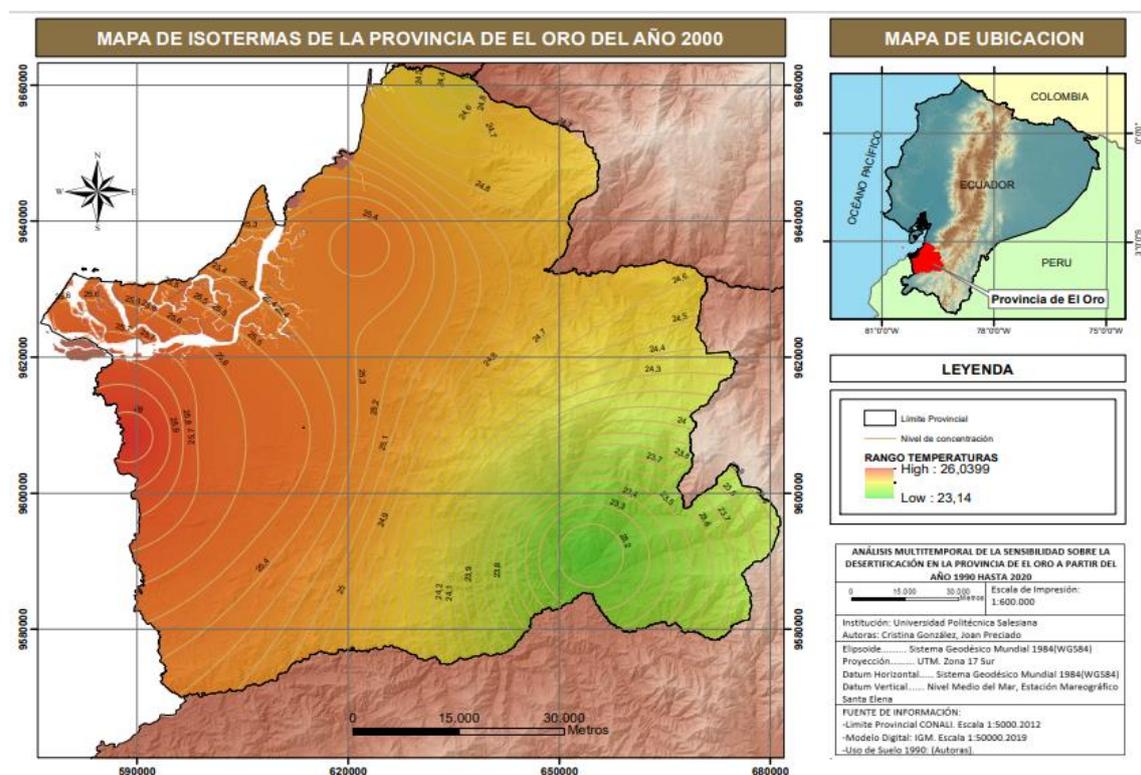


Fuente: Autores

En la figura 34 se observa las variantes de la temperatura para el año 1990, en donde el cambio climático comienza a ocasionar daños severos sobre el ambiente, es así como sobre la zona agrícola las temperaturas se concentran sobre los 25°C, y las zonas de protección y conservación se concentran las temperaturas más bajas llegando a 22,6°C, lo cual se observa claramente que la incidencia no es de gran magnitud sobre estas últimas áreas de interés. Lo cual ayuda a que los cuerpos de agua no se vayan en reducción.

**Figura 35**

*Análisis de la temperatura del año 2000*



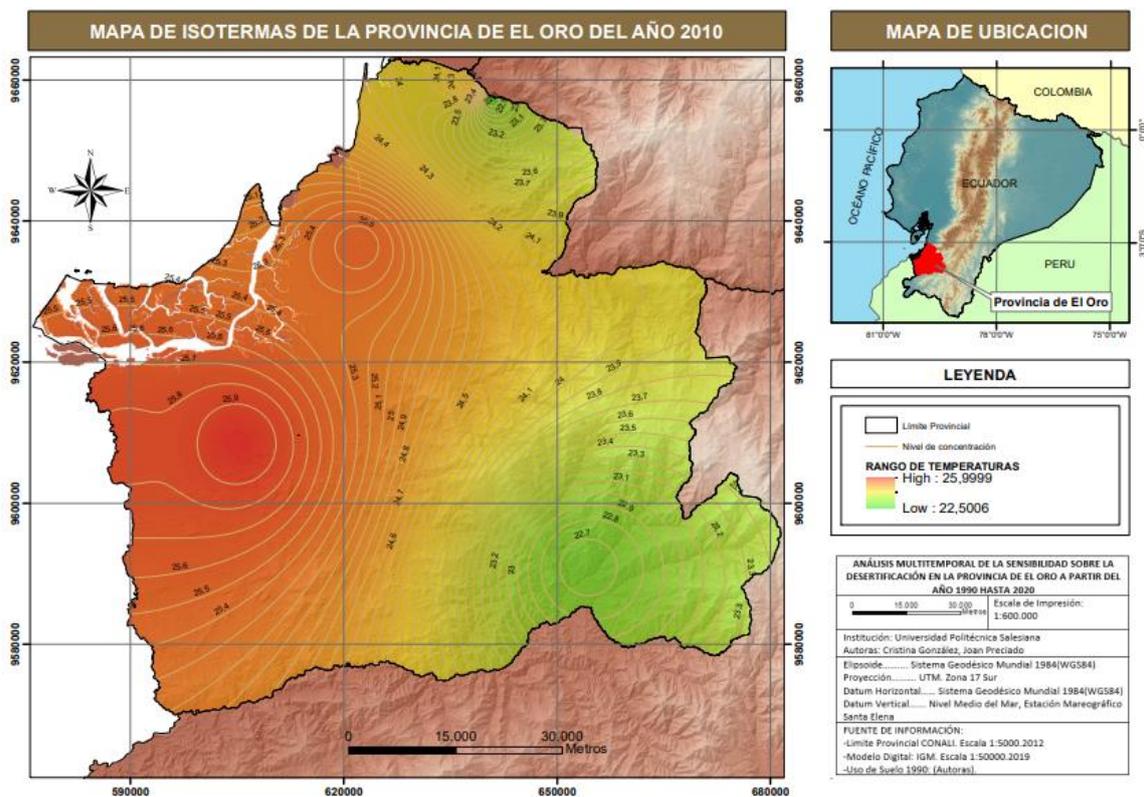
Fuente: Autores

En la figura 35 se observa las más altas temperaturas sobre la zona de estudio, es así que para el 2000 las temperaturas aumentan a 26°C, sobre zonas agrícolas y pecuarias, pero comienzan a tomar control de la provincia de el Oro, afectando a zonas de protección, las temperaturas mínimas son de 23°C, algo alarmante porque siguen en

aumento estos valores que ocasionan un daño irremediable a las zonas vegetativas. Es aquí en este año cuando la estabilidad climática comienza a cambiar y los procesos de erosión aumentan, y evidentemente la desertificación comienza a tomar forma sobre este año, y se observa claramente que las altas temperaturas son un aporte importante para este problema ambiental.

**Figura 36**

*Análisis de la temperatura del año 2010*



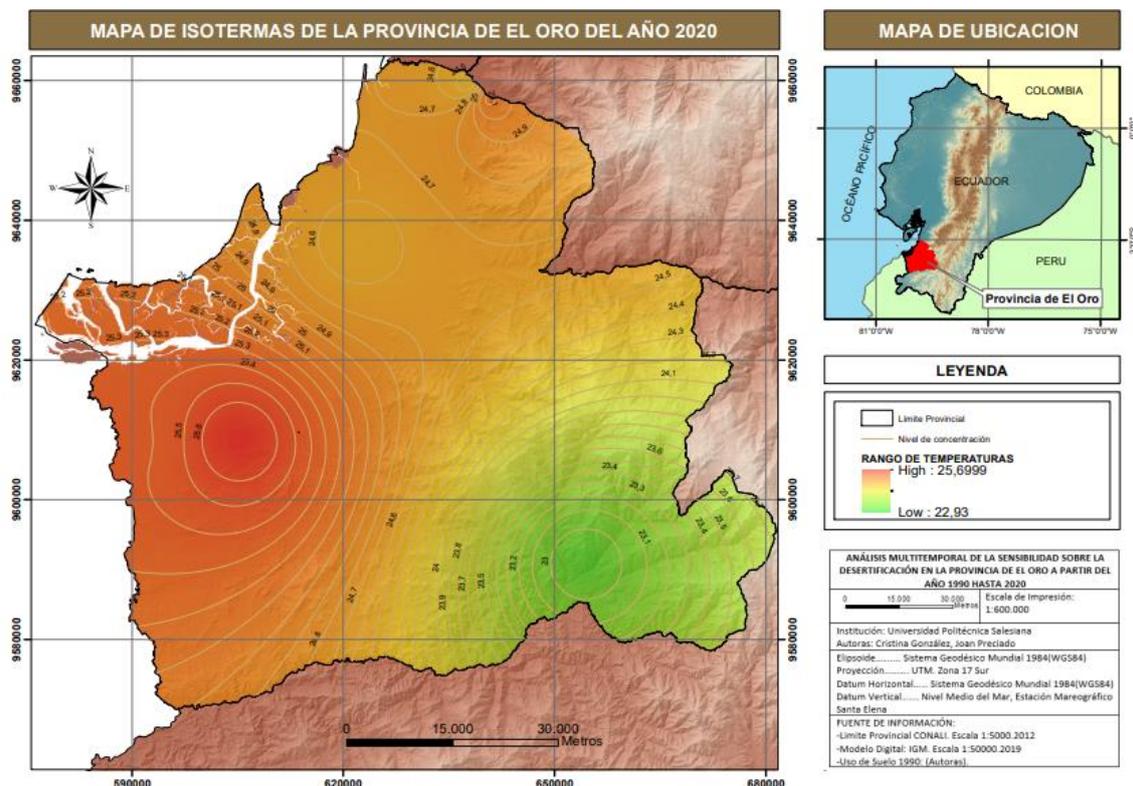
Fuente: Autores

En la figura 36 se observa las variables de la temperatura del año 2010 en donde estas condiciones no cambian mucho con respecto al 2010, manteniéndose las medias sobre las mismas zonas de interés, esto es con temperaturas máximas de 26°C y con temperaturas mínimas de 22°C, pero los cuerpos de agua comienzan a reducirse cada vez más, sin que la situación ambiental actual cambie ni un poco. Esto se corrobora con diferentes estudios

publicados en donde especifican que para la década del 2005 al 2015 las variaciones de radiación aumentan y los casos de cáncer de piel por razones del clima son más severos. Al ser un fenómeno natural, no hay mucho que se pueda hacer, pero si hay métodos de protección sobre zonas ambientalmente protegidas.

### Figura 37

#### Análisis de la temperatura del año 2020



Fuente: Autores

En las figuras 34, 35, 36 y 37, se puede visualizar los niveles de temperatura de la provincia de El Oro, en donde se observa que para el año de 1990 los cantones de Arenillas y el Guabo tuvieron las temperaturas más extremas llegando a 25,59°C, con una mínima de 22,50°C cuyos cantones más afectados fueron Zaruma y Portovelo. Por otro lado, para el año 2000 las temperaturas más extremas fueron sobre el cantón de Arenillas con 26,03°C. Además, las temperaturas medias se dieron sobre los cantones de Santa

Rosa, Huaquillas, Chilla y Pasaje con temperaturas de 25°C y las temperaturas medias sobre los cantones de Piñas, Zaruma y Portovelo con 23,14°C.

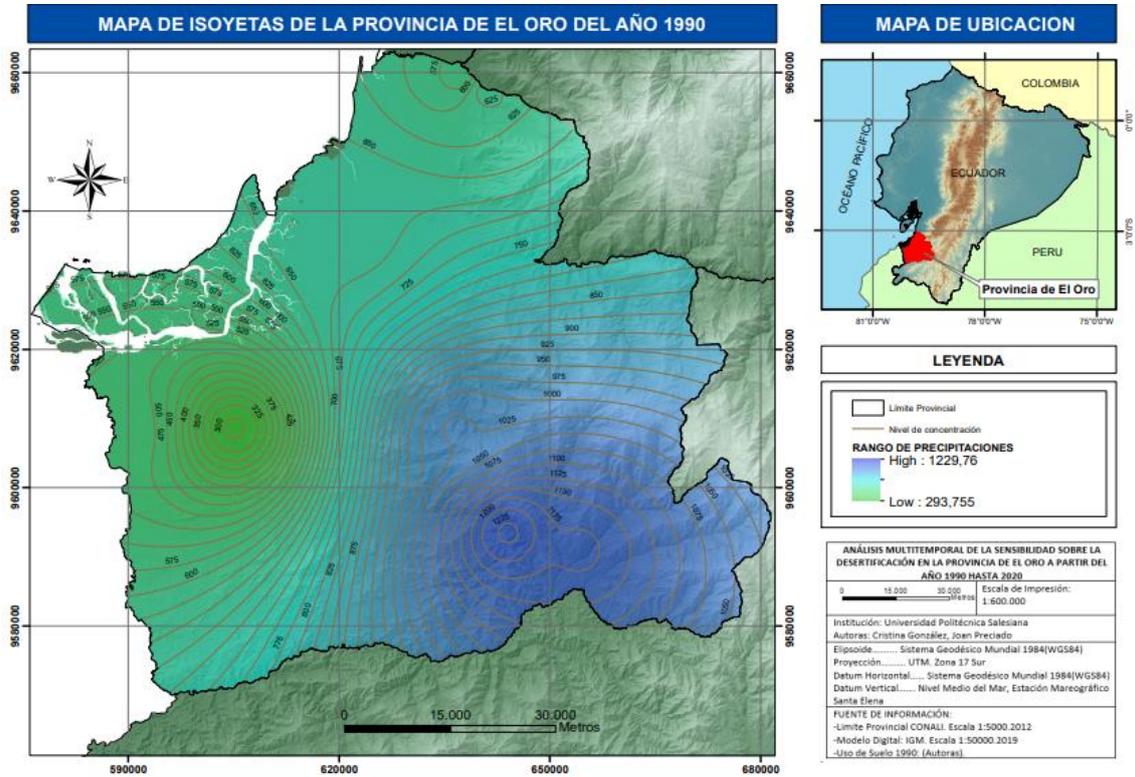
Además, para el año 2010 las temperaturas se ven en aumento especialmente sobre cantones dedicados a la agricultura, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria, para lo cual se tiene que las temperaturas máximas fueron de 25,99°C, especialmente en los cantones de Huaquillas, Santa Rosa y Machala. De igual forma, las temperaturas mínimas se dieron en los cantones de Balsas, Lajas y Piñas, con temperaturas de 22,50°C. Finalmente, para el año 2020, los cantones más afectados por las altas temperaturas fueron Huaquillas, Santa Rosa, El Guabo y Pasaje, con temperaturas de 25,69°C, y las temperaturas mínimas fueron de 22,93°C, en los cantones de Portovelo, Piñas y Atahualpa.

#### ***4.2.2. Variación de la precipitación de 1990 al 2020***

La ausencia de lluvia, o presencia de tormentas ciclónicas son factores determinantes para el decrecimiento de la cobertura vegetal, y mucho más en zonas áridas ya que están caracterizadas por la estacionalidad de la precipitación, o por las especies que se han adaptado a las sequías, ocasionando que las áreas sean naturalmente propensas a la desertificación. Si este proceso se fortalece por los procesos de carácter productivo, existe gran posibilidad de que se den alteraciones a la biomasa. A partir de ese análisis se presenta a continuación el comportamiento de la precipitación correspondiente a la zona de estudio.

**Figura 38**

*Análisis de la precipitación del año 1990.*

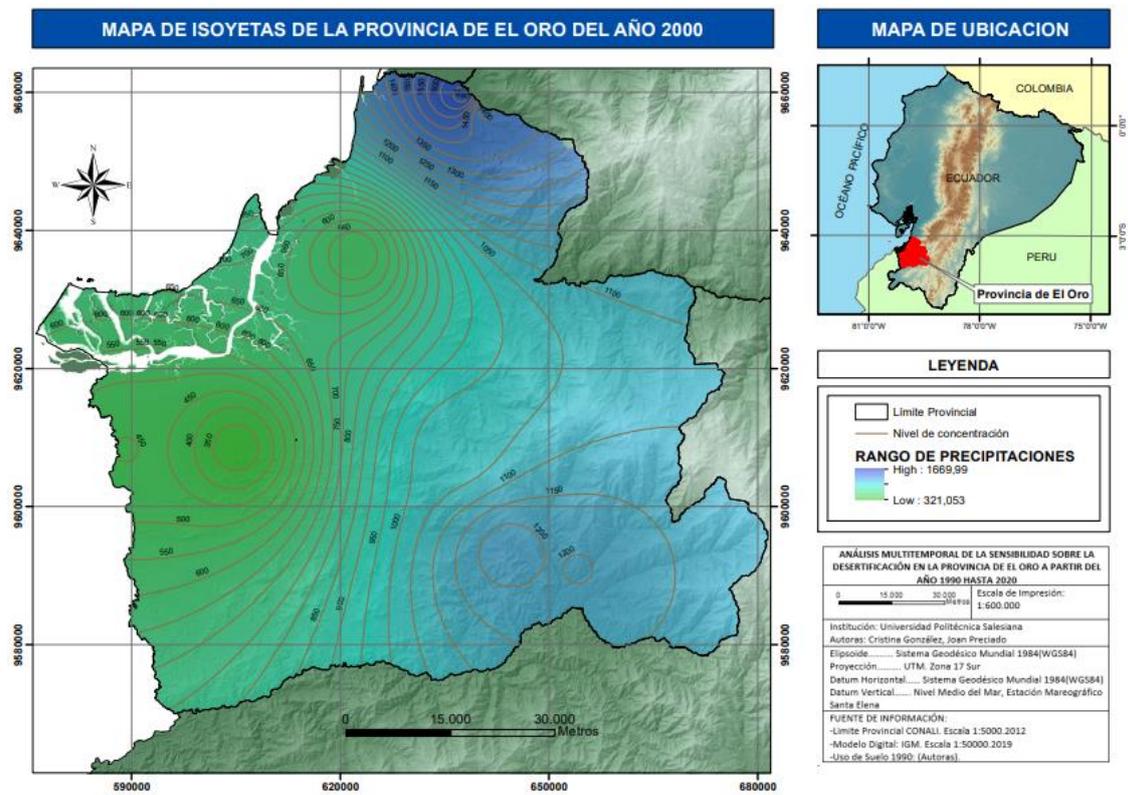


Fuente: Autores

En la figura 38 se observa la precipitación del año 1990 y es otra variable de suma importancia para identificar los cambios climáticos, es así que se observa que para esta década las precipitaciones son bastante buenas llegando a las zonas de protección y conservación a 1229,76mm y las zonas mínimas se concentran sobre la agrícola y pecuarias aguas arriba con 293mm, algo bastante bueno ya que las medias sobrepasan los valores mínimos máximas sobre la zona de estudio.

**Figura 39**

*Análisis de la precipitación del año 2000*

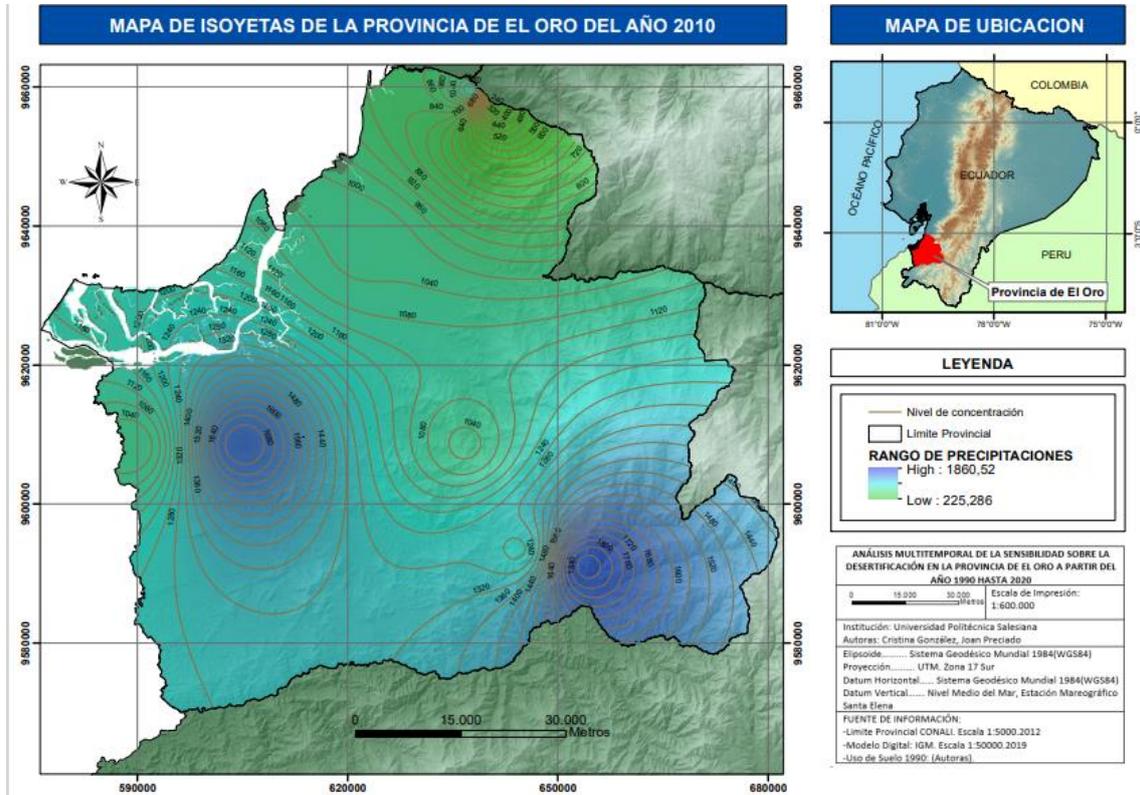


Fuente: Autores

En la figura 39 se observa la precipitación para el año 2000 en donde las mismas comienzan a descender con respecto a 1990, llegando que las precipitaciones máximas se dan sobre solo las zonas de producción con 1669.99mm y las mínimas a 321,053mm sobre zonas agrícolas, cuerpos de agua y pecuario, algo que comienza a preocupar por la estabilidad alimentaria y por el equilibrio ecosistémico de las zonas de protección y conservación. Estas circunstancias no están más limitadas por el cambio climático que comienza a dar efecto para esta década, y las actividades antrópicas comienzan a dar sus primeras consecuencias sobre el ambiente, creciendo no solo problemas ambientales sino económicos, políticos y estructurales, que deberían tomar su forma desde el origen.

**Figura 40**

*Análisis de la precipitación del año 2010*

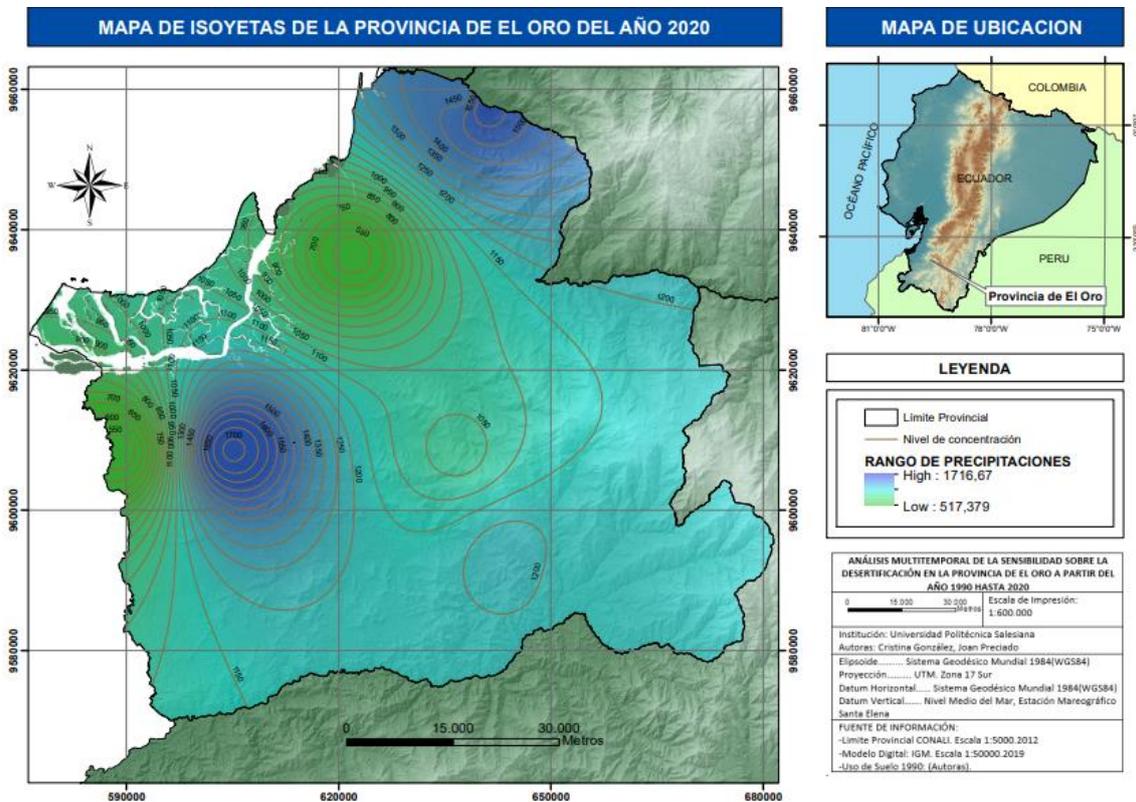


Fuente: Autores

En la figura 40 se observa las precipitaciones del 2010, en donde tienen control total de toda la provincia de El oro las precipitaciones mínimas con 225,28mm y las precipitaciones máximas solo se dan sobre una parte de la zona centro sur con 1860,52mm, algo que incide directamente sobre los procesos de fertilidad que se dan, y sobre la reducción de las áreas de vegetación especialmente sobre zonas de producción, que junto a las altas temperaturas ocasionan un incremento de la desertificación sobre la zona de estudio.

**Figura 41**

*Análisis de la precipitación del año 2020*



Fuente: Autores

En la figura 41 se observa las precipitaciones máximas inmediatas que son de 1716,67mm, pero estas precipitaciones siguen siendo mínimas sobre zonas agrícolas, y al no darse sobre zonas de protección, el equilibrio ecosistémico es cada vez más preocupante, ya que es la causante principal de la pérdida de las especies vegetativas que son importantes para el equilibrio del ecosistema. Es así que, para las precipitaciones mínimas que ocupan la mayoría de la zona de estudio es de 517,37mm sobre zonas de protección, lo cual se entiende directamente porque sobre estas zonas se ha perdido grandes extensiones de zona protegida.

Además, los índices de precipitación son elementos determinantes para los procesos de desertificación, ya sean de duración o frecuencia, ya que los escasos de lluvia ocasionan sequías, y estas sequías aumentan los niveles de erosión, generando pérdida de vegetación sobre zonas boscosas. En base a lo anterior, en las figuras 38, 39, 40 y 41, se hizo un análisis de los niveles de precipitación, en donde se tuvo que para el año 1990 las precipitaciones de más alto nivel fueron de 1229,75mm, sobre los cantones de Zaruma, Portovelo, Piñas, con precipitaciones mínimas de 321,05mm en los cantones de Arenillas, Santa Rosa y Pasaje. Por otro lado, para el año 2000 las precipitaciones fueron recurrentes, incrementándose a 1669,99mm en los cantones del Guabo y Pasaje. Además, las precipitaciones mínimas fueron de 321,05mm en los cantones de Machala, Arenillas y Huaquillas.

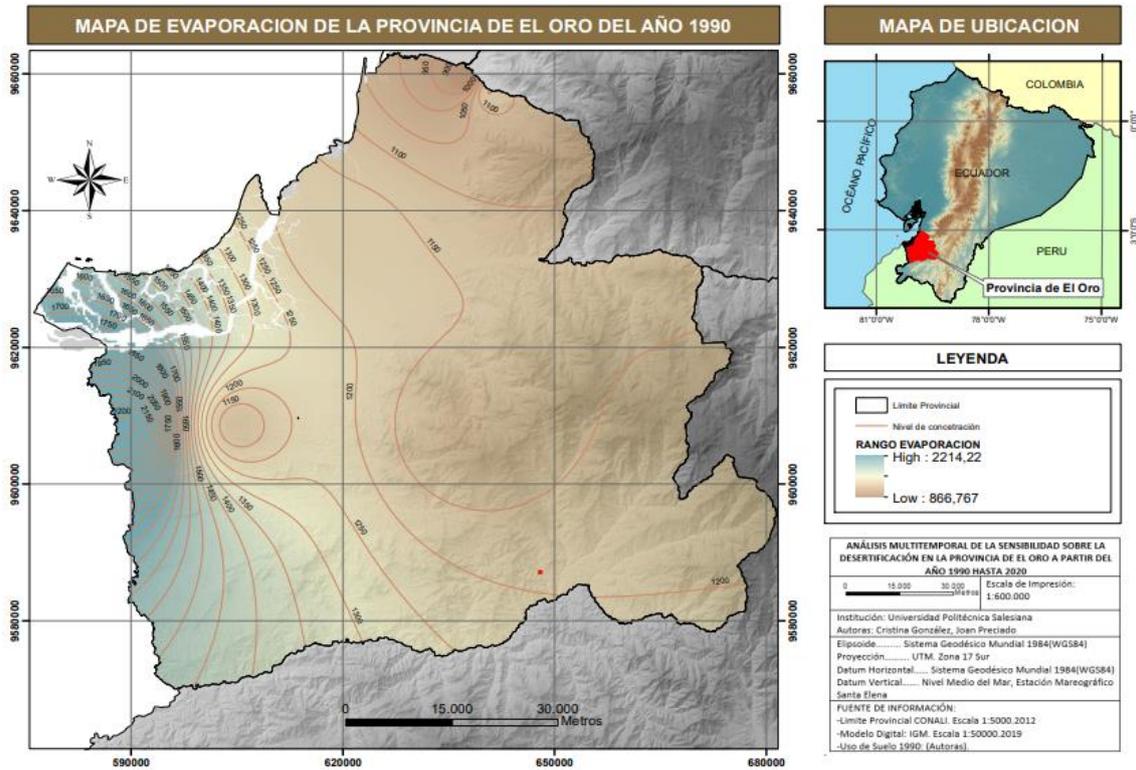
De igual forma, para el año 2010 no existió mayor variación que la del año 2020, debido a que las precipitaciones máximas fueron de 1860,52mm en los cantones de Arenillas y Portovelo, y las precipitaciones mínimas fueron de 225,28mm en los cantones de Atahualpa, Chilla y Pasaje. Finalmente, para el año 2020 las precipitaciones máximas fueron de 1716,67 en el cantón de Santa Rosa, y las precipitaciones mínimas fueron de 517,37mm en los cantones de Piñas, Zaruma, Pasaje y El Guabo.

#### ***4.2.3. Variación de la evaporación de 1990 al 2020***

La evaporación está íntimamente relacionada con las variaciones de temperatura y precipitación, ya que cuando no se controla el límite del agua se compensa fácilmente sobre la superficie terrestre, ocasionando múltiples mediciones sobre la humedad del suelo, infiltración y escurrimiento. A partir de ahí se presenta a continuación el análisis de la evapotranspiración correspondiente a la zona de estudio.

**Figura 42**

*Análisis de la evaporación del año 1990*

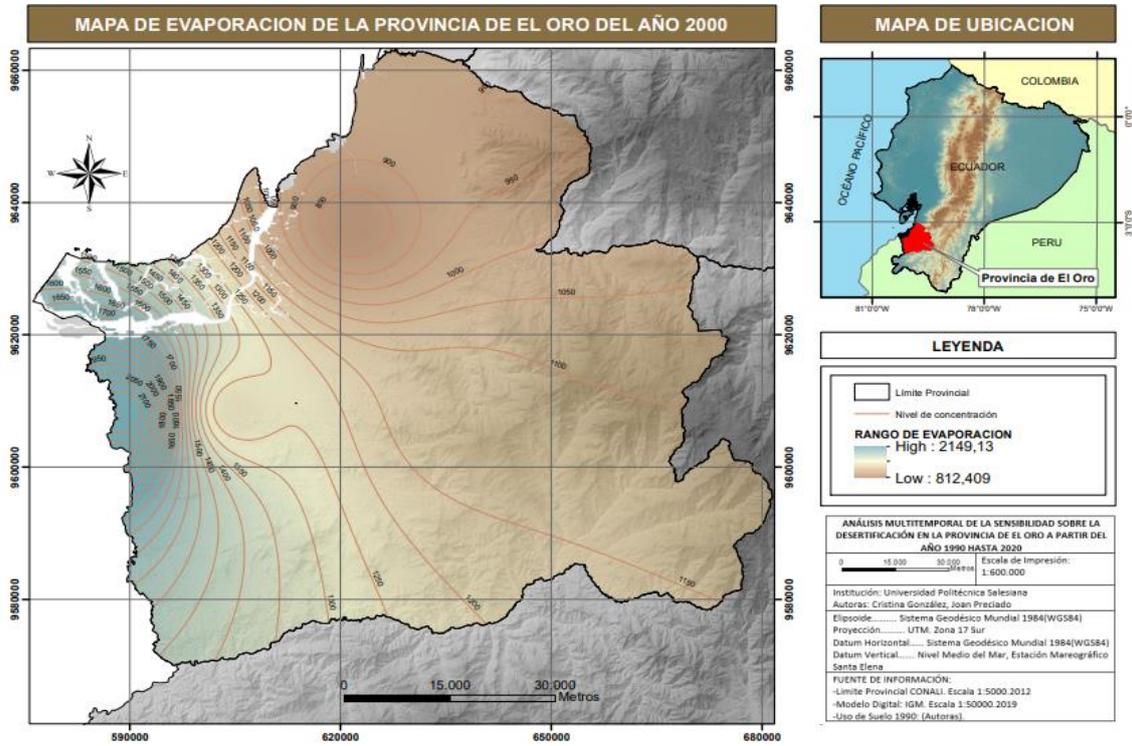


Fuente: Autores

En la figura 42 se observa los niveles de evaporación que están íntimamente relacionados con las temperaturas máximas o mínimas del análisis anterior, teniéndose que para el año 1990 los niveles más altas se dieron sobre las zonas agrícolas y pecuarias llegando a 2214,22mm y las más bajas a 866,76mm, estas bajas se dan sobre la zona de protección pero la misma ocasiona impactos directos sobre el área de conservación, ya que la ausencia de estos niveles no permiten una restauración ecosistémica.

**Figura 43**

*Análisis de la evaporación del año 2000*

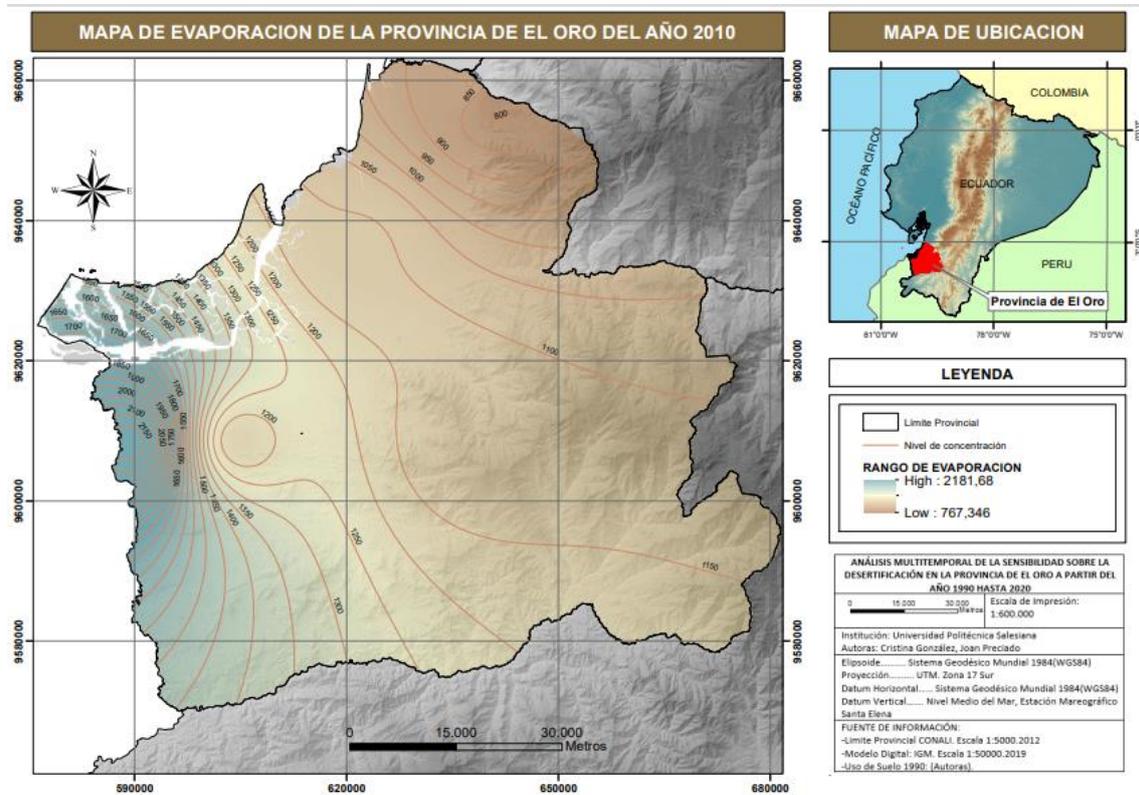


Fuente: Autores

En la figura 43 se observa la evaporación del año 2010 en donde se ve que los niveles máximos se dan sobre los 2149,13mm y los niveles mínimos fueron de 812,49mm, la circunstancia no cambia mucho con respecto a la última década, ya que las medias máximas se dieron sobre las mismas zonas, aguas arriba, lo cual incidió directamente para el aumento de la zona agrícola y sobre la reducción de la zona de conservación y protección.

**Figura 44**

*Análisis de la evaporación del año 2010*

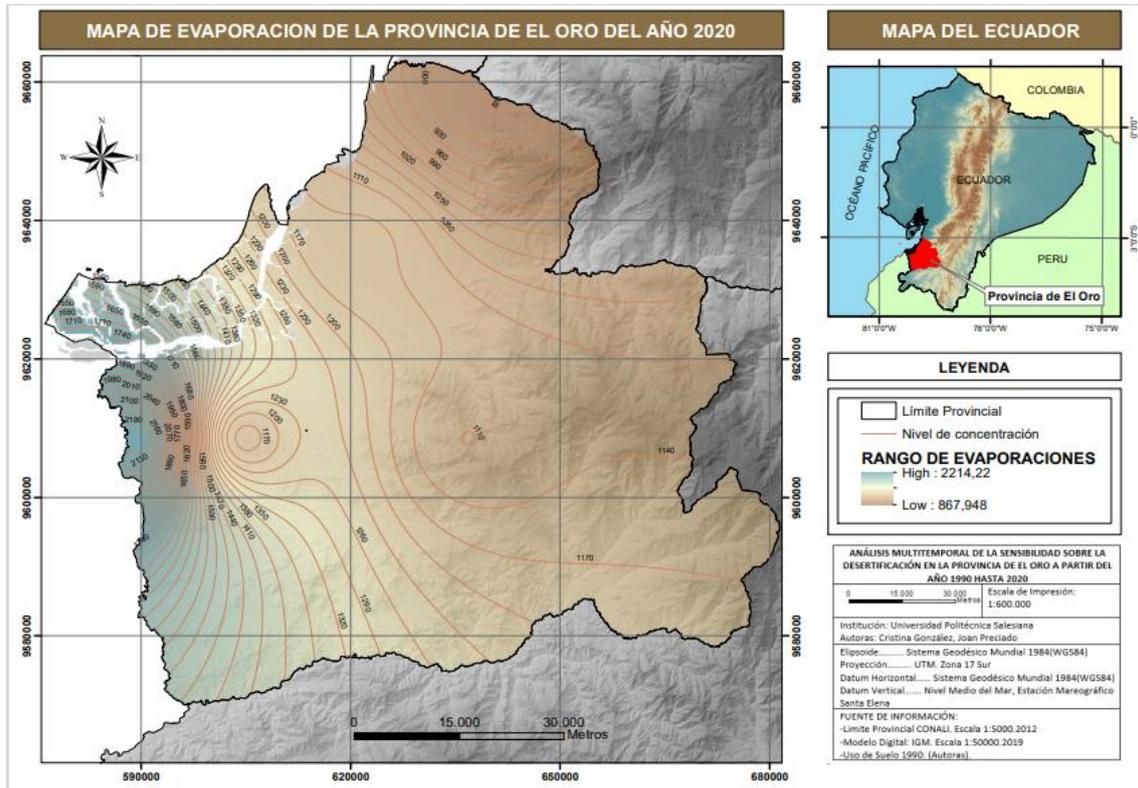


Fuente: Autores

En la figura 44 se observa la evaporación para el año 2010, las circunstancias cambian debido a que hay un aumento leve de precipitación y por ende influye a la evaporación, pero esto no es tan importante porque son tasas de cambio mínimas, llegando a las máximas a 2181,68mm y las mínimas a 767,34mm, esto especialmente sobre zonas de protección y conservación, en cambio los altos niveles de evaporación se fijaron en las áreas agrícolas y pecuarias, lo cual influyo al aumento de la erosión sobre los suelos, y la capa madre del mismo ocasiono la infertilidad de los mismos.

**Figura 45**

*Análisis de la evaporación del año 2020*



Fuente: Autores

En las figuras 42, 43, 44 y 45, se puede visualizar los cambios de la evaporación que se han dado desde 1990 hasta el año 2020, en donde se tiene que para el año de 1990 los cantones que tuvieron mayor proceso de evaporación se dieron en los cantones de Huaquillas y Arenillas con 2214,22 mm/día. Por otro lado, los niveles más bajos se registraron en los cantones de Santa Rosa, Pasaje, Chilla y Atahualpa con 866,76mm/día. Para el año 2000 los niveles más altos de evaporación fueron de 2149,13mm/día en los cantones de Machala y Las Lajas, y los niveles medios y bajos fueron de 812,40mm/día en los cantones de El Guabo, Pasaje y Chilla.

Por otro lado, para el año 2010 la evaporación aumento con respecto a las últimas dos décadas, llegando a 2181,68mm/día sobre los cantones de Huaquillas y Arenillas, frente

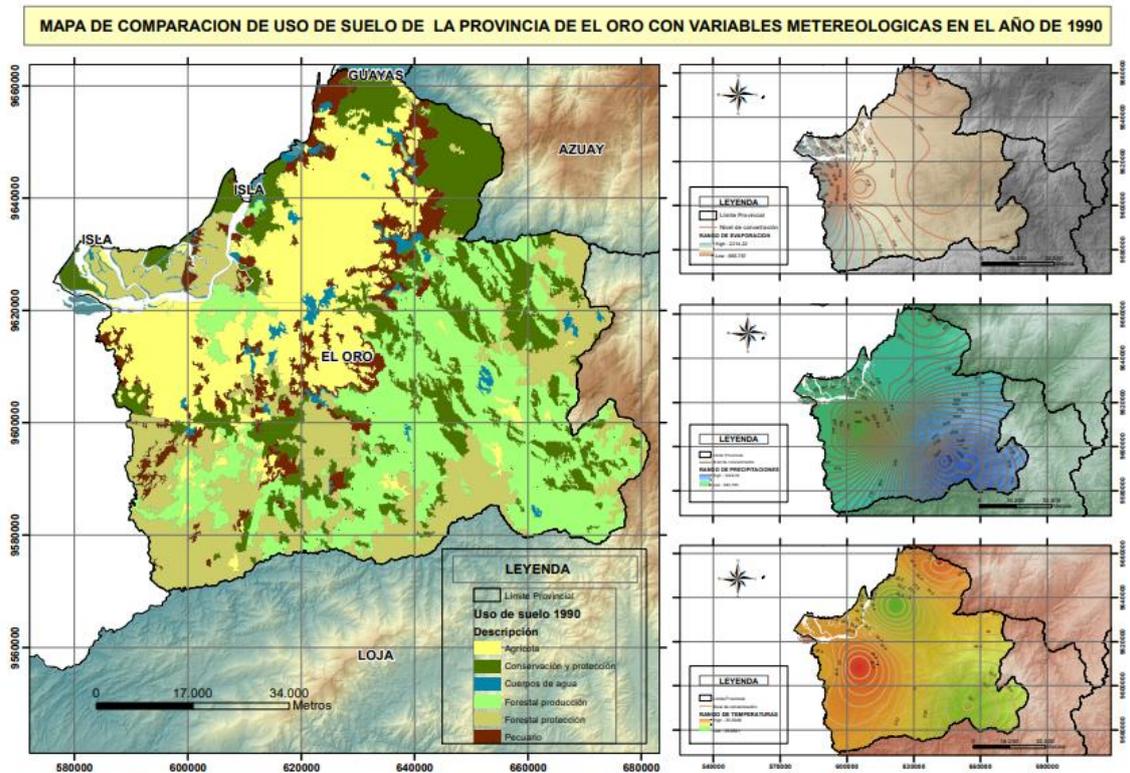
a rangos mínimos de evaporación llegando a 767,34mm/día al noreste de la provincia de El Oro. Finalmente, para el año 2020 los niveles más altos de evaporación fueron de 2214,21mm/día sobre el cantón Arenillas, y los niveles más bajos fue en el Guabo con 867,94 mm/día.

#### **4.3. Análisis del cambio de uso de suelo y parámetros de influencia en los procesos de desertificación**

Realizar un análisis de manera agrupada entre el uso y aprovechamiento del suelo con la temperatura, precipitación y evaporación son de gran relevancia para analizar los procesos de desertificación, ya que, en ausencia de precipitación y evaporación con los elevados niveles de temperatura y radiación, se aumentan los procesos de erosión y sequías, influyendo a la pérdida de vegetación y con ello ocasionando la aridez de los suelos, aumentando de esta manera los niveles de desertificación. Por lo tanto, esto ocasiona un riesgo a la agricultura, seguridad hídrica, capacidad de campo y desarrollo eficiente de cultivos, así como la riqueza forestal especialmente de zonas ricas en vegetación nativa. Por ello, a continuación, se presenta un análisis de la combinación de parámetros de influencia con el cambio de uso de suelo entre 1990 y 2020.

**Figura 46**

*Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 1990*

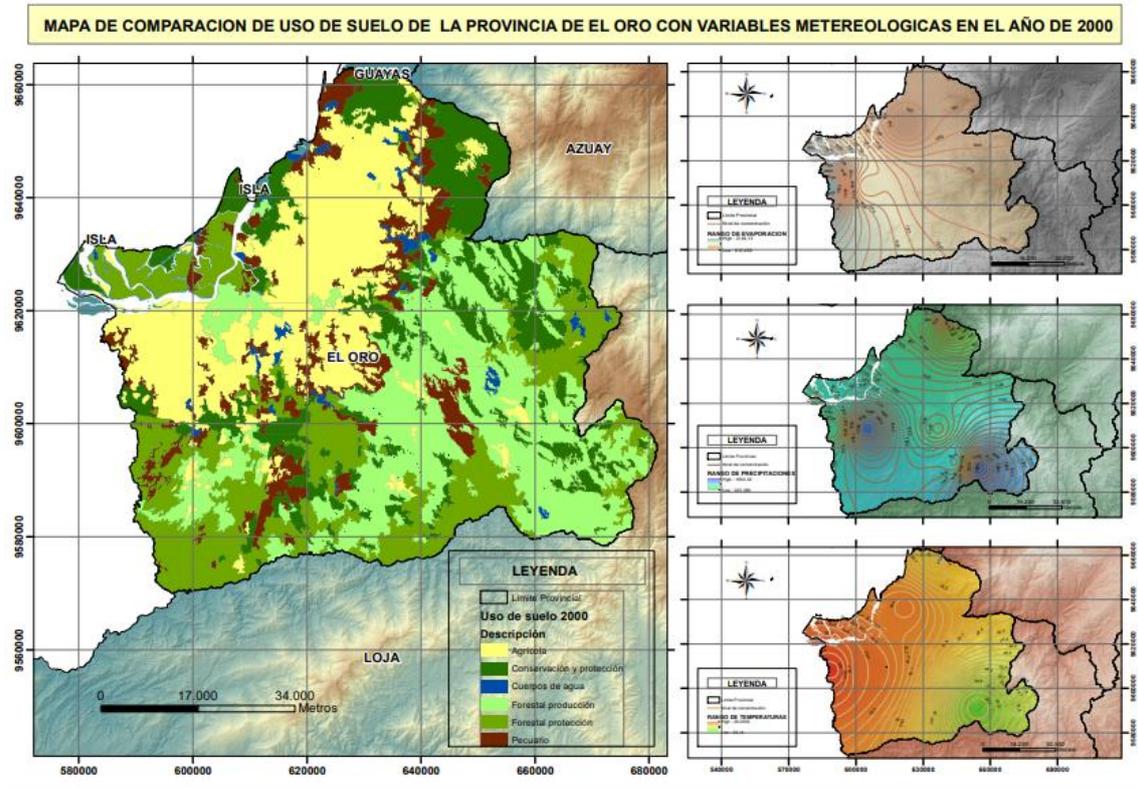


Fuente: Autores

En la figura 46 se observa las variables de comparación en donde se ve claramente que las altas temperaturas para el año 1990 fueron sobre zonas agrícolas y pecuarias y las mínimas sobre las zonas de conservación y protección, los cuerpos de agua se vieron afectadas por las variables medias. La evaporación y precipitación estuvieron en aumento especialmente sobre las zonas de agricultura y pecuaria.

**Figura 47**

*Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas del 2000*

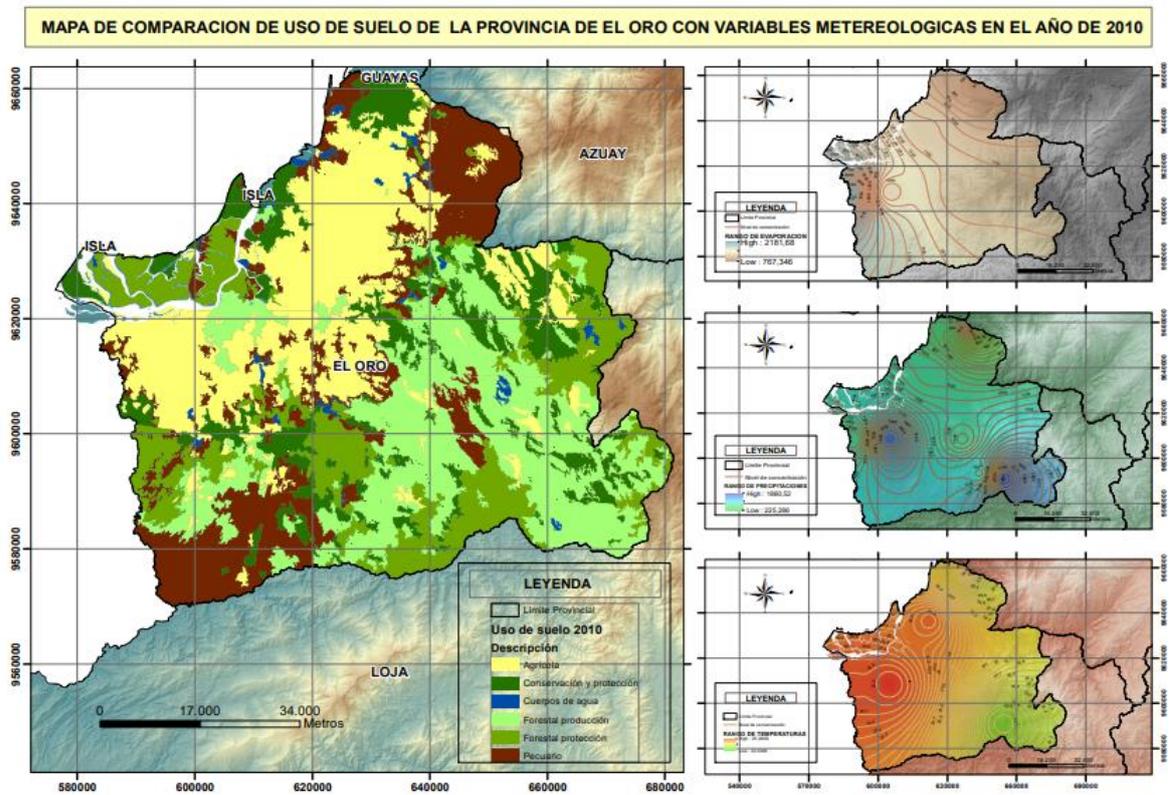


Fuente: Autores

En la figura 47 se ve que para el año 2000 la zona agrícola esta influenciada sobre altas temperaturas, bajas precipitaciones y mínimos valores de evaporación, influyendo directamente sobre los procesos de erosión y desertificación, que han ocasionado los suelos ambientalmente afectados por las variables climatológicas.

**Figura 48**

*Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 2010*

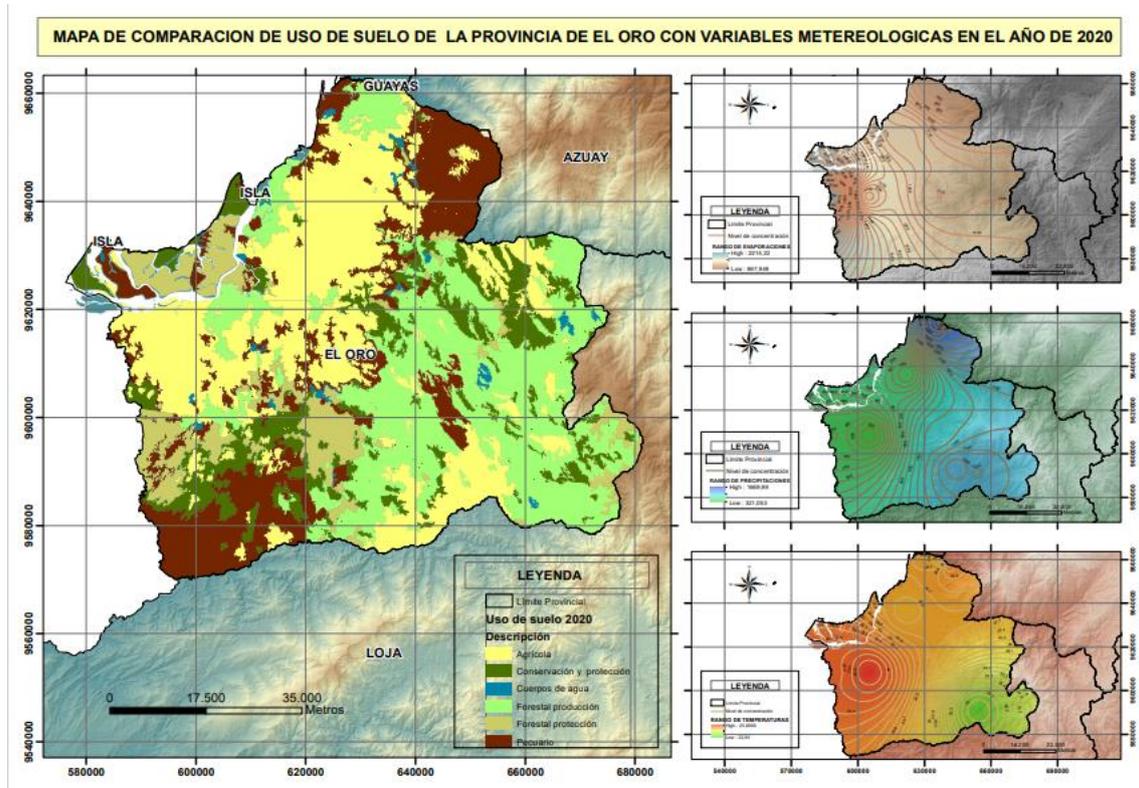


Fuente: Autores

En la figura 48 se observa los cambios de uso de suelo vs las variables del año 2010, en donde la zona de interés que es la de conservación y protección presenta un leve respiro ya que sobre estas zonas están temperaturas mínimas y grandes precipitaciones, pero desafortunadamente son sobre zonas de extensión territorial pequeña, y las áreas pecuarias tienen altas temperaturas lo cual influye en la estabilidad alimentaria.

**Figura 49**

*Comparación del cambio de uso de suelo y variables meteorológicas de 2020*



Fuente: Autores

En las figuras 46, 47, 48 y 49, se observa el análisis de las variables meteorológicas con el uso de suelo, en donde se visualiza que para el año de 1990 las zonas en donde se dan altos niveles de precipitación y evaporación fueron sobre las áreas Forestal producción, Forestal protección y Conservación y Protección, además aquellas superficies donde los índices de temperatura fueron más críticos se dieron sobre la zona pecuaria y aquellos niveles medios de radiación se dieron sobre zonas agrícolas. Además, para el año 2000 las zonas que tuvieron los niveles más altos de lluvia y evaporación fueron en las áreas Forestal Protección y Conservación e Protección, manteniéndose las zonas de temperatura más elevadas sobre las zonas agrícolas.

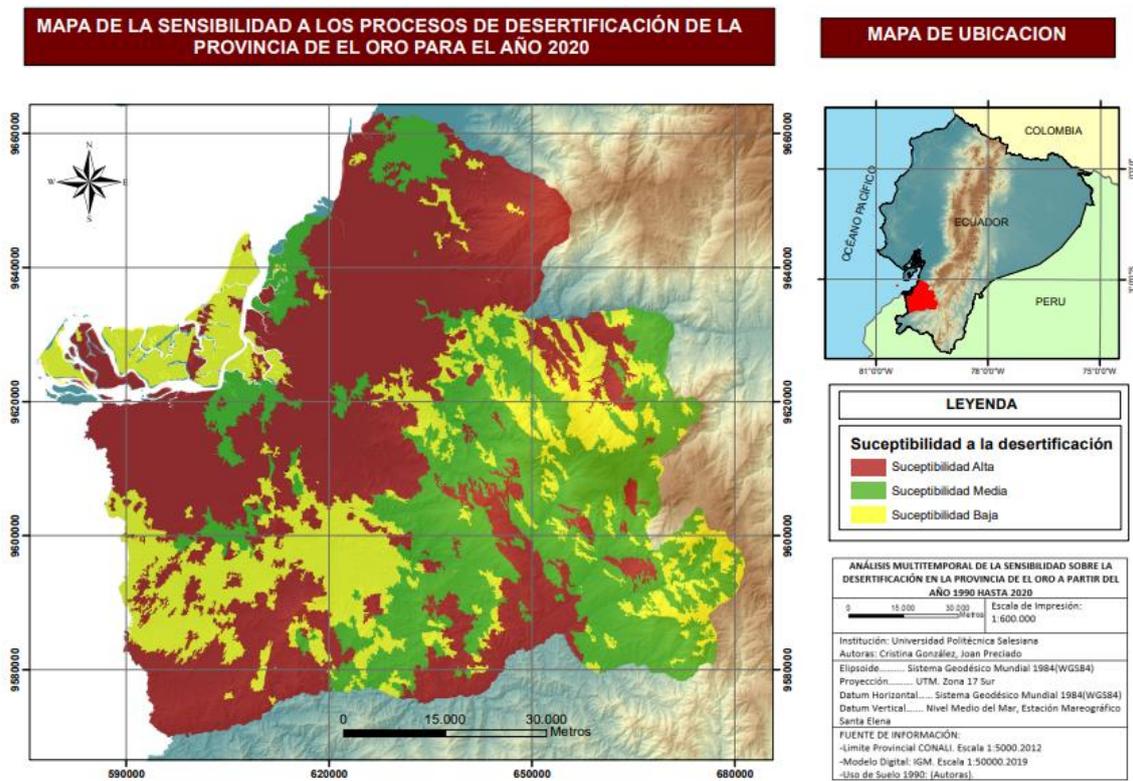
Consecuentemente, para el año 2010 y 2020 la situación fue crítica, específicamente para el año del 2010 debido a que las temperaturas extremas fueron sobre las zonas de conservación Protección y Forestal producción, ocasionando pérdida de la vegetación y reducción de los cuerpos de agua, y las zonas de mayor precipitación fueron sobre áreas agrícolas y pecuarias. Finalmente, para el año 2020 las mayores precipitaciones y niveles de evaporación fueron sobre las zonas agrícolas, aumentando los niveles de producción, pero las temperaturas altas siguieron su curso sobre las zonas de conservación y protección. Por lo anterior, se puede decir que el cambio de uso de suelo está directamente influenciado con las variables meteorológicas como temperatura, precipitación y evaporación, con lo cual, al existir altos niveles de temperatura, estos ocasionan la pérdida inminente de cuerpos de agua y reducción de la biomasa vegetal, influyendo directamente a la desertificación de la zona de estudio.

#### **4.4. Análisis de la sensibilidad a los procesos de desertificación**

Para evaluar los niveles de sensibilidad de la desertificación, se realizó una combinación multitemporal mediante la herramienta combine en ARCGIS 10.8, entre los cambios de uso de suelo y las variables meteorológicas de temperatura, precipitación y evaporación que se obtuvo entre 1990 a 2020, generando un polígono de salida correspondiente a el mapa temático de desertificación multitemporal correspondiente al año 2020, el mismo que está definido en tres categorías que son de susceptibilidad alta, media y baja a la desertificación, como se muestra a continuación.

**Figura 50**

*Sensibilidad de la desertificación correspondiente al año 2020*

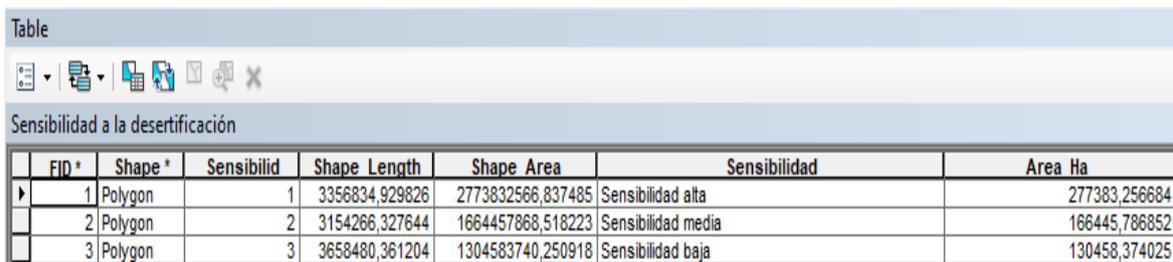


Fuente: Autores

En la figura 50 se observa la sensibilidad de la última década en donde se ve que aquellas zonas que fueron clasificadas con sensibilidad alta fueron las zonas agrícolas y pecuarias, la de sensibilidad media las zonas de producción y de sensibilidad baja a la desertificación las zonas de conservación y protección, entendiéndose que para que existan menos procesos de desertificación se debe trabajar sobre proteger las zonas de conservación y cuerpos de agua, mediante medidas de reparación y conservación, como la reforestación.

**Figura 51**

*Extensión territorial de las zonas sensibles a la desertificación*



FID *	Shape *	Sensibilidad	Shape Length	Shape Area	Sensibilidad	Area Ha
1	Polygon	1	3356834,929826	2773832566,837485	Sensibilidad alta	277383,256684
2	Polygon	2	3154266,327644	1664457868,518223	Sensibilidad media	166445,786852
3	Polygon	3	3658480,361204	1304583740,250918	Sensibilidad baja	130458,374025

Fuente: Autores

En las figuras 50 y 51, se observa las variaciones de la sensibilidad que se obtuvo en la provincia de El Oro, teniéndose que para aquellas zonas de susceptibilidad baja a la desertificación se encontraron los cantones de Arenillas, Las Lajas, Marcabelí, y Portovelo, con 130458,37 ha, las zonas de susceptibilidad media a la desertificación se encontraron los cantones de Atahualpa, Piñas, Zaruma y Huaquillas, con 166445,78ha y para las zonas de susceptibilidad alta a la desertificación se ubicaron los cantones de Machala, Chilla, Balsas, Pasaje y el Guabo con 277383,25 ha.

#### **4.5. Análisis de la validación de resultados**

Para que un estudio tenga validez y seguridad académica, es necesario validar los resultados mediante métodos estadísticos, heurísticos, estocásticos, experimentales y geoespaciales, estos últimos son de gran relevancia porque permite manejar datos espaciales y estadísticos, asegurando la calidad del trabajo realizado. Por este motivo, se realizó un análisis de la validación de resultados mediante la matriz de confusión y transición, la misma que incluyó tanto los procesos de validación en campo como los diferentes análisis estadísticos. A continuación, se presentan los métodos de validación.

#### 4.5.1. Matriz de confusión del año 1990 al 2020

La matriz de confusión utiliza como base el índice de Kappa, que no es más que un análisis estadístico a partir de datos geospaciales o que se han obtenido a partir de los sistemas de información geográfica. La misma que trabaja a partir de un algoritmo geoespacial, mediante Python. A partir de ahí, se analiza la matriz de confusión de 1990 al 2020 correspondiente a la zona de interés.

**Figura 52**

*Matriz de confusión del año 1990*

OBJECTID	ClassValue	Agrícola	Conservación y protección	Cuerpos de agua	Forestal producción	Forestal protección	Pecuario	Total	U Accuracy	Kappa
-1	C_1	13	0	0	0	0	0	13	1	0
-1	C_2	0	6	0	4	0	0	10	0,6	0
-1	C_3	0	0	10	2	0	0	12	0,833333	0
-1	C_4	0	0	0	10	0	0	10	1	0
-1	C_5	0	1	0	2	7	0	10	0,7	0
-1	C_6	0	0	0	0	0	11	11	1	0
-1	Total	13	7	10	18	7	11	66	0	0
-1	P_Accuracy	1	0,857143	1	0,555556	1	1	0	0,863636	0
-1	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0,836183

Fuente: Autores

En la figura 52 se observa que la matriz de confusión dio una eficiencia del 83% del método empleado.

**Figura 53**

*Matriz de confusión del año 2000*

OBJECTID	ClassValue	Agrícola	Conservación y protección	Cuerpos de agua	Forestal producción	Forestal protección	Pecuario	Total	U Accuracy	Kappa
-1 C_1		13	0	0	0	0	0	13	1	0
-1 C_2		0	7	0	3	0	0	10	0,7	0
-1 C_3		0	0	11	1	0	0	12	0,916667	0
-1 C_4		0	0	0	10	0	0	10	1	0
-1 C_5		0	0	0	4	6	0	10	0,6	0
-1 C_6		0	0	0	0	0	11	11	1	0
-1 Total		13	7	11	18	6	11	66	0	0
-1 P_Accuracy		1	1	1	0,555556	1	1	0	0,878788	0
-1 Kappa		0	0	0	0	0	0	0	0	0,854305

Fuente: Autores

En la figura 53 se observa que la matriz de confusión dio una eficiencia del 85% del método empleado.

**Figura 54**

*Matriz de confusión del año 2010*

OBJECTID	ClassValue	Agrícola	Conservación y Protección	Cuerpos de agua	Forestal producción	Forestal protección	Pecuario	Total	U Accuracy	Kappa
-1 C_1		13	0	0	0	0	0	13	1	0
-1 C_2		1	8	0	0	0	1	10	0,8	0
-1 C_3		0	0	13	0	0	0	13	1	0
-1 C_4		0	0	0	10	0	0	10	1	0
-1 C_5		0	0	0	4	6	0	10	0,6	0
-1 C_6		0	0	0	0	0	10	10	1	0
-1 Total		14	8	13	14	6	11	66	0	0
-1 P_Accuracy		0,928571	1	1	0,714286	1	0,909091	0	0,909091	0
-1 Kappa		0	0	0	0	0	0	0	0	0,890456

Fuente: Autores

En la figura 54 se observa que la matriz de confusión dio una eficiencia del 89% del método empleado.

**Figura 55**

*Matriz de confusión del año 2020*

ClassValue	Agrícola	Conservación y protección	Cuerpos de agua	Forestal producción	Forestal protección	Pecuario	Total	U Accuracy	Kappa
C_1	15	0	0	0	0	0	15	1	0
C_2	1	9	0	0	0	0	10	0,9	0
C_3	0	0	15	0	0	0	15	1	0
C_4	0	0	0	10	0	0	10	1	0
C_5	0	0	0	3	7	0	10	0,7	0
C_6	0	0	0	0	0	10	10	1	0
Total	16	9	15	13	7	10	70	0	0
P_Accuracy	0,9375	1	1	0,769231	1	1	0	0,942857	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0,930779

Fuente: Autores

En consecuencia, en las figuras 52, 53, 54 y 55, se observa la matriz de confusión de 1990 al 2020, para lo cual en el año de 1990 la precisión de los datos obtenidos fue del 83% (0,83), para el 2000 la confiabilidad fue del 85% (0,85), para el año del 2010 la precisión fue del 89% (0,89) y finalmente para el año 2020 la confiabilidad fue casi perfecta del 93% (0,93). En base a lo anterior se evidencia que los resultados obtenidos fueron confiables, pero eso no basta, fue necesario realizar un análisis adicional, que es de carácter espacial como la determinación de la matriz de transición, la misma que se muestra a continuación.

#### **4.5.2. Matriz de transición del año 1990 al 2021**

Este tipo de matrices, representan un análisis geoespacial, que explican de manera detallada como se han dado los cambios del uso de suelo a través de los años, es decir tanto las zonas que se han perdido como las que se han fortalecido, ya sea por actividades naturales o antrópicas. Las cuales, tienen una incidencia sobre el ecosistema. A continuación, se presentan las matrices de transición del año 1990 al 2020.

**Figura 56**

*Matriz de transición del año 1990*

Val 90	FID fin200	gridcode 1	Area 1	Area 12	Descr	Val 2000	Area	Area(%)	Cambio	Cambio2
40	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	141327,14	24,75	80	No Cambio
40	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	5139,81	0,9	60	Cambio
40	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	1607,85	0,28	50	Cambio
40	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	284,88	0,05	70	Cambio
40	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	3605,36	0,63	100	Cambio
40	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	3450,73	0,6	90	Cambio
20	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	4961,37	0,87	60	Cambio
20	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	90946,48	15,93	40	No Cambio
20	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	3066,23	0,54	30	Cambio
20	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	167,74	0,03	50	Cambio
20	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	7323,37	1,28	80	Cambio
20	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	1811,66	0,32	70	Cambio
10	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	1438,35	0,25	50	Cambio
10	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	1250,98	0,22	30	Cambio
10	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	127965,32	22,41	20	No Cambio
10	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	370,81	0,06	40	Cambio
10	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	3590,49	0,63	70	Cambio
10	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	340,7	0,06	60	Cambio
30	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	1541,54	0,27	70	Cambio
30	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	359,6	0,06	50	Cambio
30	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	786,88	0,14	40	Cambio
30	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	6128,48	1,07	60	No Cambio
30	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	464,56	0,08	90	Cambio
30	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	254,37	0,04	80	Cambio
60	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	169,33	0,03	100	Cambio
60	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	702,09	0,12	80	Cambio
60	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	2986,21	0,52	70	Cambio
60	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	595,98	0,1	90	Cambio
60	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	33982,3	5,95	120	No Cambio
60	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	1376,36	0,24	110	Cambio
50	0	1	152909,841546	26,626013	Forestal producción	40	3094,43	0,54	90	Cambio
50	1	2	100816,694311	17,555094	Conservación y protección	20	1787,24	0,31	70	Cambio
50	2	3	137449,817492	23,933977	Agrícola	10	520,41	0,09	60	Cambio
50	3	4	8013,580225	1,395395	Cuerpos de agua	30	328,19	0,06	80	Cambio
50	4	5	51047,691524	8,888875	Pecuario	60	1667,6	0,29	110	Cambio
50	5	6	124049,79247	21,600646	Forestal protección	50	115541,73	20,24	100	No Cambio

Fuente: Autores

En la figura 56 se observa que la tasa de cambio se dio sobre las zonas de conservación pasando a zonas pecuarias y agrícolas.

**Figura 57**

*Matriz de transición del año 2000*

Val 2000	FID 2010 f	gridcode 1	Area 12	Area 12 13	Descr 1	Val 2010	Cambio	Area(Ha)	Area(%)	Cambio2
40	0	1	145633,699292	25,359027	Forestal producción	40	80	143876,33	25,05	No Cambio
40	2	3	147338,439773	25,655871	Agrícola	10	50	9033,51	1,57	Cambio
20	0	1	145633,699292	25,359027	Forestal producción	40	60	415,88	0,07	Cambio
20	1	2	80126,176401	13,952278	Conservación y protección	20	40	80126,18	13,95	No Cambio
20	2	3	147338,439773	25,655871	Agrícola	10	30	855,11	0,15	Cambio
20	4	5	99924,856121	17,399799	Pecuario	60	80	19419,53	3,38	Cambio
10	2	3	147338,439773	25,655871	Agrícola	10	20	137449,82	23,93	No Cambio
30	0	1	145633,699292	25,359027	Forestal producción	40	70	1341,49	0,23	Cambio
30	3	4	6235,233859	1,085734	Cuerpos de agua	30	60	6235,23	1,09	No Cambio
30	4	5	99924,856121	17,399799	Pecuario	60	90	436,85	0,08	Cambio
60	4	5	99924,856121	17,399799	Pecuario	60	120	51047,69	8,89	No Cambio
50	4	5	99924,856121	17,399799	Pecuario	60	110	29020,78	5,05	Cambio
50	5	6	95029,011887	16,547291	Forestal protección	50	100	95029,01	16,55	No Cambio

Fuente: Autores

En la figura 57 se observa que la tasa de cambio se dio sobre las zonas de protección pasando a zonas pecuarias y agrícolas.

**Figura 58**

*Matriz de transición del año 2010*

Val 2010	FID poligono	OBJECTID	gridcode 1	Shape Leng	Shape Area	Area 12	Area 12 13	Descripci	Value 2020	Cambio	Area(Ha)	Area(%)	Cambio2
40	0	1	1	3154266,32764	1664457868,52	166445,786852	28,983011	Forestal producción	40	80	131758,18	22,94	No Cambio
40	1	2	2	2616165,39043	726648428,58	72664,842858	12,653045	Conservación y protección	20	60	12456,24	2,17	Cambio
40	2	3	3	2957204,96589	1742908199,4	174290,81994	30,349058	Agrícola	10	50	1419,28	0,25	Cambio
20	0	1	1	3154266,32764	1664457868,52	166445,786852	28,983011	Forestal producción	40	60	17498,86	3,05	Cambio
20	1	2	2	2616165,39043	726648428,58	72664,842858	12,653045	Conservación y protección	20	40	60208,6	10,48	No Cambio
20	2	3	3	2957204,96589	1742908199,4	174290,81994	30,349058	Agrícola	10	30	2418,71	0,42	Cambio
10	2	3	3	2957204,96589	1742908199,4	174290,81994	30,349058	Agrícola	10	20	147338,44	25,66	No Cambio
30	0	1	1	3154266,32764	1664457868,52	166445,786852	28,983011	Forestal producción	40	70	545,54	0,09	Cambio
30	2	3	3	2957204,96589	1742908199,4	174290,81994	30,349058	Agrícola	10	40	305,19	0,05	Cambio
30	3	4	4	393727,831084	52651224,6538	5265,122465	0,91681	Cuerpos de agua	30	60	5265,12	0,92	No Cambio
30	4	5	5	2542008,21682	1030924365,77	103092,436577	17,951366	Pecuario	60	90	119,38	0,02	Cambio
60	4	5	5	2542008,21682	1030924365,77	103092,436577	17,951366	Pecuario	60	120	99924,86	17,4	No Cambio
50	0	1	1	3154266,32764	1664457868,52	166445,786852	28,983011	Forestal producción	40	90	16643,2	2,9	Cambio
50	2	3	3	2957204,96589	1742908199,4	174290,81994	30,349058	Agrícola	10	60	22809,2	3,97	Cambio
50	4	5	5	2542008,21682	1030924365,77	103092,436577	17,951366	Pecuario	60	110	3048,2	0,53	Cambio
50	5	6	6	1469009,62077	525284086,639	52528,408664	9,146711	Forestal protección	50	100	52528,41	9,15	No Cambio

Fuente: Autores

En la figura 58 se observa que la tasa de cambio se dio sobre las zonas de conservación pasando a zonas agrícolas.

**Figura 59**

*Matriz de transición del año 2020*

Val 90	FID poligo	OBJECTID 1	gridcode 1	Shape Le 1	Shape Ar 1	Area 1	Area 12	Descrip 1	Value 2020	Area(Ha)	Area(%)	Cambio2
40	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	121189,91	21,23	No Cambio
40	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	15865,41	2,74	Cambio
40	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	12151,58	2,13	Cambio
40	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	268,02	0,05	Cambio
40	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	4329,54	0,76	Cambio
40	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	1811,32	0,32	Cambio
20	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	21245,62	3,72	Cambio
20	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	52485,5	9,19	No Cambio
20	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	6851,31	1,2	Cambio
20	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	122,64	0,02	Cambio
20	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	26619,15	4,66	Cambio
20	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	972,62	0,17	Cambio
10	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	1820,67	0,32	Cambio
10	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	939,51	0,16	Cambio
10	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	128008,39	22,42	No Cambio
10	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	184,8	0,03	Cambio
10	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	3783,48	0,66	Cambio
10	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	219,81	0,04	Cambio
30	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	3223,79	0,56	Cambio
30	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	306,92	0,05	Cambio
30	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	1027,05	0,18	Cambio
30	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	3918,82	0,69	No Cambio
30	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	936,39	0,16	Cambio
30	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	122,48	0,02	Cambio
60	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	462,62	0,08	Cambio
60	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	413,62	0,07	Cambio
60	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	3052,91	0,53	Cambio
60	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	356,96	0,06	Cambio
60	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	34322,44	6,01	No Cambio
60	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	1203,73	0,21	Cambio
50	0	1	1	3154266.32764	1664457868.52	166445.786852	28.983011	Forestal producción	40	17881,22	3,13	Cambio
50	1	2	2	2616165.39043	726648428.58	72664.842858	12.653045	Conservación y protección	20	2446,64	0,43	Cambio
50	2	3	3	2957204.96589	1742908199.4	174290.81994	30.349058	Agrícola	10	22505,48	3,94	Cambio
50	3	4	4	393727.831084	52651224.6538	5265.122465	0.91681	Cuerpos de agua	30	315,04	0,06	Cambio
50	4	5	5	2542008.21682	1030924365.77	103092.436577	17.951366	Pecuario	60	32277,71	5,65	Cambio
50	5	6	6	1469009.62077	525284086.639	52528.408664	9.146711	Forestal protección	50	47533,51	8,33	No Cambio

Fuente: Autores

En definitiva, en las figuras 56, 57, 58 y 59, se visualiza la matriz de transición del año 1990 al 2020, con lo cual se tuvo que para el año 1990 al 2000 el área de cambio fue de 9,64% frente al 90,36% que no sufrieron alteración en su uso de suelo (Ver figuras 56 y 60). Además, para el año 2000 al 2010 el área de cambio fue de 10,53% frente al 89,46% que no sufrieron alteración en su uso de suelo (Ver figuras 57 y 61). Consecuentemente, para el año 2010 al 2020 el área de cambio fue de 13,45% frente al 86,54% que no sufrieron alteración en su uso de suelo (Ver figuras 58 y 62). Finalmente, en el lapso de los 30 años de estudio es decir de 1990 al 2020 el área que sufrió cambio fue de 32,13% frente al área sin cambio que se registró de 67,86% (Ver figuras 59 y 63).

**Figura 60**

*Área de cambio de 1990-2020*

Table					
Área cambio 1990-2000					
FID	Shape *	Cambio2	Area(Ha)	Area(%)	
0	Polygon	Cambio	55045,14	9,64	
1	Polygon	No Cambio	515891,45	90,36	

Table						
Área cambio 2000-2010						
FID *	Shape *	Cambio2	Shape Length	Shape Area	Area(Ha)	Area(%)
1	Polygon	Cambio	1029133,470219	605231569,502067	60523,15695	10,538827
2	Polygon	No Cambio	1849821,052631	5137642604,553496	513764,260455	89,461173

Table						
Área cambio 2010-2020						
FID *	Shape *	Cambio2	Shape Length	Shape Area	Area(Ha)	Area(%)
1	Polygon	Cambio	1636855,578847	772638068,557798	77263,806856	13,453857
2	Polygon	No Cambio	2246165,931279	4970236109,285421	497023,610929	86,546143

Table						
Área cambio 1990-2020						
FID *	Shape *	Cambio2	Shape Length	Shape Area	Area(Ha)	Area (%)
1	Polygon	Cambio	8094819,787708	1834980234,573169	183498,023457	32,139826
2	Polygon	No Cambio	8393424,617222	3874385624,557235	387438,562456	67,860174

Fuente: Autores

En la ilustración 60 se visualiza que, en un periodo de 30 años, la tasa de cambio fue del 32%, en donde el área de mayor incidencia se dio en el periodo del 2000 al 2010 y del

2010 al 2020, el primero con un 10,53% y el segundo con un 13,45%. Estos cambios, se presentaron debido a las múltiples actividades pecuarias, agrícolas, antrópicas, etc. Las cuales, incidieron en procesos de desertificación por incremento de las zonas de erosión. En base al análisis de la matriz de confusión y transición se determinó que la confiabilidad de la metodología fue del 93%, con una tasa de cambio de uso de suelo del 32%, cuyos valores son considerados confiables y con un importante nivel de precisión.

## **5. ALTERNATIVAS FRENTE A LOS PROCESOS DE DESERTIFICACION**

Es común hablar de la desertificación actualmente, a lo largo del tiempo este acontecimiento se ha producido de forma natural. Sin embargo, muchas de las causas que influyen tienen que ver por la acción humana, la variación climática, la deforestación que es uno de los principales para acelerar la desertificación.

Dentro del proceso de la desertificación se produce la reducción o pérdida de biodiversidad al provocar esto implica la transformación del suelo convirtiendo una zona productiva en infértil.

En la provincia de El Oro existe muchas zonas de producción, mineras, agrícolas entre otras que al producirse la desertificación es un gran problema medioambiental para la contribución económica, ambiental y productiva.

Si bien es cierto una de las medidas principales para remediar la desertificación es la reforestación, pero se considera la educación ambiental primero ya que al tener claro la importancia y lo que prevé realizar cualquier tipo de alternativas se puede obtener mejores resultados, teniendo consciencia ambiental.

- La integración de la gestión ambiental de la provincia, protegiendo las tierras y las zonas hídricas.

- La protección de la superficie vegetal, permite la protección que general la erosión hídrica y del viento.
- Conservar los nutrientes en los cultivos los cuales tienen condiciones primordiales para ayudar al suelo y su efectividad para mejorarlo, ayudando en las zonas agrícolas y productivas.
- Integrar la tecnología para la explotación de tierras que minimizan el proceso de desertificación, como en las mineras y zonas productivas, considerando los métodos tradicionales.
- Colaborar con la población con los recursos necesarios para mantener las tierras fértiles y remediar las tierras secas por ejemplo la acuicultura, la agricultura de invernadero.
- Fomentar el turismo y sus actividades que evitan la intervención de zonas convirtiéndose en un recurso sostenible de ingresos.

## 6. PLAN DE ACCION

### 6.1. Flora

**Tabla 5**

*Plan de acción sobre la conservación de flora en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medio de verificación	Duración	Responsable
FLORA		Determinar y referenciar las zonas no conocidas donde existe flora	Mapas de ubicación mediante la distribución de las zonas	60% para la corroboración de información	Informe global	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente
	Conservación de especies nativas dentro de la Provincia	Identificar y geocolocar las especies por conservación e importancia	Elaboración de un fichero con datos geocolocados referencialmente	60% actualización de datos	Base de datos recopilado	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente

		Fomentar la conservación de las especies registradas y las por georreferenciar	Base de datos de las especies totales con informe.	90% registro de datos	Registro georreferenciado	8 meses	Dirección Provincial del Ambiente
FLORA	Contrarrestar la desertificación mediante la introducción de especies	Introducir especies aptas para contrarrestar zonas desérticas	Plan de ingreso de especies	70% de aceptación de las especies en las zonas	Instructivo de especies	7 meses	Dirección Provincial del Ambiente
		Establecer las zonas posibles para la implementación de especies	Mapas de ubicación de zonas adecuadas	80% de colocación adecuada de las especies	Listado de zonas primordiales	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente
		Realizar análisis biológico de la integración de especies nativas, endémicas e introducidas	Análisis genético mediante informe biológico	90% de coincidencia biológica para la integración de especies	Resultados de análisis	3 meses	Analistas de laboratorio de la Dirección Provincial del Ambiente
FLORA	Incrementar la protección de zonas donde existan especies y habilitar nuevas normas de conservación	Definir áreas amenazadas para su transformación incrementando flora	Listado de zonas amenazadas con su respectiva georreferenciación	90% verificación de áreas definidas	Estudio de las áreas	8 meses	Dirección Provincial del Ambiente
		Determinar las zonas específicas donde exista flora para fomentar su protección	Informe de las especies que habitan en las zonas que aún no han consideradas protegidas	70% verificación de especies	Listado e informe	9 meses	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente
		Intervenir mediante normas legales para concretar la protección de zonas protegidas donde habiten especies	Normas legales	80% aprobación de leyes	Análisis jurídico	4 meses	Ministerio del Ambiente

Fuente: Autores

## 6.2. Fauna

**Tabla 6**

*Plan de acción sobre la conservación de fauna en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medios de verificación	Duración	Responsable
FAUNA		Determinar la división de especies de fauna existentes en las zonas	Listado de la división de especies	70% Actualización de información	Informe y listado	11 meses	Dirección Provincial del Ambiente
	Garantizar y establecer la fauna en las zonas mediante actualización de información	Comprender el hábitat de las diferentes especies, su evolución, la conducción de su vida reproductiva y biológica	Resultados biológicos y reproductivos	90% de resultados	Informe laboratorio analista	7 meses	Analistas laboratorio de la Dirección Provincial del Ambiente
		Conocer y actualizar la información territorial donde habitan las especies y las zonas potenciales	División georreferencial en el territorio mediante mapas de ubicación	80% de corroboración	Informe	10 meses	Dirección Provincial del Ambiente
FAUNA		Fomentar un ecoturismo sustentable en las zonas aptas	Plan de ecoturismo	90% Aceptación	Informe de aceptación del plan	5 meses	Municipios integrados en el turismo Ministerio del turismo Ministerio del Ambiente
	Elaborar un plan de ecoturismo fomentando las especies y su conservación	Convertir las zonas desérticas donde aún existe fauna en zonas de recreación movilizándolas a un lugar permanente para su convivencia	Mapas de ubicación para la división de zonas recreativas y separación de especies	80% de base de datos	Mapas e informe	6 meses	Municipios integrados en el turismo Ministerio del turismo Ministerio del Ambiente

		Realizar programas de intervención científica para el mantenimiento de especies	Programas científicos	80% aceptación de programas	Informe de asistencia	Mensual por 1 año	Ministerio del turismo Ministerio del Ambiente
FAUNA	Ingresar especies para la conservación y reproducción, identificando los efectos que provocan su extinción	Identificar las afecciones que existen en las zonas donde habitan las especies	Mapas de zonas y los daños ocasionados	70% información	Análisis de daños, listado de afecciones en las zonas y causas	Permanente	Ministerio del turismo Ministerio del Ambiente
		Introducir especies aptas para las zonas y contrarrestar la pérdida de las mismas	Plan de introducción de especies	90% Aceptación	Informe de aceptación del plan	3 meses	Ministerio del turismo Ministerio del Ambiente
		Controlar y colaborar la convivencia con las especies introducidas	Plan de convivencia y su control mediante adecuaciones	80% convivencia	Informe de aceptación del plan	Permanente	GAD de El Oro Ministerio del Ambiente

Fuente: Autores

### 6.3. Agua

**Tabla 7**

*Plan de acción de agua en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medio de verificación	Duración	Responsable
AGUA	Concientizar sobre el saneamiento y conservación de las cuencas hidrográficas en la provincia	Conocer las zonas que no son reconocidas donde existe fuentes hídricas	Mapas de ubicación de las fuentes mediante la distribución de las zonas	60% para la corroboración de información.	Reporte de campo	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente Secretaría del Agua
		Geocolocar las diferentes cuencas hidrológicas	Elaboración de un fichero con datos geocolocados referencialmente.	80% actualización de datos	Base de datos	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente

		reconocidos y por reconocer					Secretaría del Agua
		Precisar estrategias para el fortalecimiento con la obtención de prever y conservar las fuentes hídricas	Elaboración de un proyecto para el fortaleciendo de estas zonas.	70% aceptación del proyecto	Informe sobre las actividades.	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua
		Conocer las principales causas de degradación del recurso	Elaboración de un registro mediante un informe describiendo estas causas.	80% obtener la información	Registro fotográfico e informe	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua
AGUA	Minimizar el deterioro ambiental acelerado en las fuentes hídricas	Establecer una reglamentación clara que incluya instrumentos específicos de control ambiental	Instrumentos legales formulados y aprobados	60% de aceptación a favor de los reglamentos	Registro de aplicación de la reglamentación	1 año	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua
		Adoptar tecnologías apropiadas, capacitación, educación sanitaria y ambiental	Realizar talleres de formación para el desarrollo de competencias en temas ambientales sobre el recurso hídrico	Obteniendo el 80% de personas capacitadas	Listado de asistencia y registro fotográfico	Mensual	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua
AGUA	Contrarrestar la pérdida de recursos hídricos mediante la elaboración de proyectos.	Creación de requisitos de eficacia hídrica, para obtener un manejo sustentable del recurso en los proyectos agrícolas, mineros e industriales	Elaboración de diferentes informes con requisitos para agrícolas, mineros e industriales.	90% aplicación de los requisitos	Elaboración de informe aplicativo	1 año	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua  Ministerio del Ambiente
		Plantaciones de ribera para recuperación del recurso hídrico.	Informe de las especies a plantar para mejorar y recuperar este recurso.	70% recuperación	Listado e informe	1 año	Dirección Provincial del Ambiente  Secretaría del Agua  Ministerio del Ambiente

	Elaborar y ejecutar los planes de manejo eficiente y sustentables para el recurso hídrico.	Informe de la ejecución de los 8 planes	80% de la ejecución de planes	Informe y verificación en campo	3 años	Dirección Provincial del Ambiente Secretaría del Agua Ministerio del Ambiente
--	--	---	-------------------------------	---------------------------------	--------	---

Fuente: Autores

## 6.4. Suelo

**Tabla 8**

*Plan de acción del suelo en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medio de verificación	Duración	Responsable
SUELO		Conocer las zonas donde existan suelos deteriorados	Mapas de ubicación, identificación de suelos deteriorados	80% para la corroboración de información	Reporte de campo de uso de herramientas digitales, imágenes satelitales	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente
	Fomentar la conservación de suelos y su utilidad en la provincia del Oro.	Identificar la utilización de suelos para el ámbito económico productivo	División geográfica y ubicación de la utilización de suelos	80% actualización de datos	Informe global, datos georreferenciados y fotografías	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente
		Precisar estrategias para el fortalecimiento y conservación de los suelos	Proyectos de recuperación y mantenimiento	70% aceptación	Informes técnicos de verificación	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente
SUELO		Conocer las principales causas de degradación del suelo	Registro mediante un informe sobre la investigación de estas causas	70% segura de la información a obtener.	Registro fotográfico e informe técnico.	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente

	Elaborar un Sistema de información sobre desertificación	Establecer nuevas normas y desarrollo de una política regional de protección del recurso suelo.	Aprobación de las nuevas normas y políticas para la mejora de la cobertura a nivel regional de los sitios más afectados	80% de aceptación de implementación de políticas y normas.	Registro normativo y asistencia jurídica	1 año	Ministerio del Ambiente Dirección Provincial del Ambiente
		Concientizar y fomentar el uso sostenible de la tierra a través de programas de educación, extensión y capacitación.	Asistencia a las capacitaciones sobre uso sostenible de la tierra para fines de conservación	Obteniendo el 80% de personas capacitadas.	Informes de campo, listas de verificación y asistencia, material fotográfico.	Largo plazo: será anual durante 5 años	Ministerio del Ambiente Dirección Provincial del Ambiente
	SUELO	Restauración de ambientes degradados	Ejecutar un programa de monitoreo y seguimiento para obtener una reducción de la tasa de deforestación fertilizando áreas degradadas	Aplicación del programa	70% de restauración de áreas degradadas.	Informe trimestral para verificar del seguimiento de restauración de las áreas	Permanente
Reforestación			Informe de las especies introducidas para mejorar y recuperar este recurso	65% de especies adaptadas y 70% de zonas reforestadas	Imágenes satelitales, uso de plataformas digitales	Largo plazo.	Ministerio del Ambiente Dirección Provincial del Ambiente
Elaborar, ejercer y planificar nuevas estrategias para una práctica sostenible preservando los recursos naturales sin malograr la calidad del agricultor			Aplicación de estrategias en el ámbito productivo	80% de aceptación	Informe técnico sobre las nuevas estrategias y planificaciones Encuestas	2 años	Ministerio del Ambiente Dirección Provincial del Ambiente

Fuente: Autores

## 6.5. Aire

**Tabla 9**

*Plan de acción del aire en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medio de verificación	Duración	Responsable
AIRE		Crear barreras (cortinas rompe vientos)	Informes de monitoreo en las áreas donde se elabora la actividad	70% de disminución de erosión eólica.	Reporte de campo	8 meses	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente
	Establecer y fortalecer el programa de vigilancia de la calidad del aire y salud	Identificar los lugares donde existe erosión eólica en los diferentes cantones.	Fichero con datos geocolocados referencialmente.	80% de verificación de datos	Base de dato, uso de herramientas digitales, imágenes satelitales	6 meses	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente
		Fortalecimiento de las políticas ambientales de la calidad del aire	Aplicación de las políticas para la protección ambiental de las zonas	70% de aceptación y aplicación de políticas	Informes de técnicos de verificación y seguimientos de control.	Permanente	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente
AIRE		Proponer alternativas como la aplicación de la huella de carbono y ecológica para reducir los niveles de contaminación del aire	Aplicación de las alternativas propuestas	70% de la reducción de niveles de contaminación	Realizar un seguimiento anual y comprobar la efectividad de las mismas	Permanente	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente Municipios
	Medidas para mejorar la calidad del aire y prevenir su deterioro	Ejecutar y hacer cumplir la normativa para minimizar las emisiones a las actividades que generan contaminación	Imponer multas para las personas entidades, industrias, transporte, otros obligando a cumplir las políticas para la mejora de los sitios más afectados	80% de aceptación de las nuevas normas	Seguimiento ambiental	Permanente	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente Municipios

	Campañas de información y formación ciudadana sobre la calidad ambiental del aire	Asistencia a las capacitaciones para la concientización de la calidad del aire	Obteniendo el 80% de personas capacitadas.	Informes de campo, listas de verificación y asistencia, material fotográfico.	Permanente anual	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente Municipios
	Realizar un plan de alerta integral aplicando medidas más estrictas durante la fase de emergencia para emisiones elevadas	Aplicación de medidas en fases de emergencia	70% de disponibilidad y acogimiento hacia las medidas propuestas	Informe trimestral para verificar del seguimiento	Permanente trimestral	Dirección Provincial del Ambiente Ministerio del Ambiente Municipios
AIRE	Medidas y estrategias para realizar durante los estados de alerta por altas emisiones y contaminación al aire.	Ejecutar plan de capacitación para la población sobre las medidas establecidas para cada periodo de alerta	Elaborar capacitaciones dos veces al año para la población.	80% de pobladores auto preparada sobre el tema.	Registro de asistencia y fotográfico.	Largo plazo. Ministerio del Ambiente
		Un sistema de acción interregional que permita dar información permanente sobre los actos y movimientos mediante un estado de alerta a las organismos responsables y posiblemente afectadas	Plan de alerta con las estrategias para una práctica eficiente preservando los recursos naturales	80% de aprobación del plan de alerta	Informe técnico las estrategias y el plan Encuestas y Registro fotográfico.	Permanente

Fuente: Autores

## 6.6. Social

**Tabla 10**

*Plan de acción social en la provincia de El Oro*

Factor Crítico de Éxito	Meta	Actividades	Indicadores	% Eficiencia	Medios de verificación	Duración	Responsable	
<b>SOCIAL</b>	Involucrar las entidades y la comunidad para la evaluación de problemas y planes para el beneficio de la provincia	Establecer conferencias otorgadas para la comunidad en beneficio en torno de la desertificación	Asistentes en las conferencias	100% de cooperación	Listado, fotografías	Mensual	Habitantes Comerciantes GAD Municipal Ministerio Ambiente Ministerio de Turismo	
		Inclusión de programas con temas relevantes a favor productivo	Asistentes en los programas	100% de cooperación	Listado, fotografías	Mensual	Habitantes Comerciantes GAD Municipal Ministerio Ambiente Ministerio de Turismo	
		Realizar integraciones entre comerciantes, habitantes y entidades para proponer medidas en beneficio provincial	Listado de integración, personas involucradas y entidades	100% de cooperación	Listado, fotografías, informe	Mensual	Habitantes Comerciantes GAD Municipal Ministerio Ambiente Ministerio de Turismo	
	<b>SOCIAL</b>	Desarrollar, proteger e integrar recursos para la conservación, beneficiando a la comunidad	Fomentar la conservación de las áreas protegidas motivando a las entidades competentes	Mapas de áreas protegidas y su ubicación	100% coincidencia	Mapas, fotografías, listado	5 meses	Ministerio del Ambiente GAD de El Oro
			Incentivar a la comunidad a cuidar los recursos, protegiendo la interculturalidad	Programas de integración para las comunidades	100% asistencia	Listado de asistencia, fotografía	Trimestral	Comunidades GAD de El Oro

Proponer normas y leyes que protejan las zonas evitando los saqueos	Reuniones para integrar ideas y plantear ante un consejo	90% asistencia	Listado de asistencia, fotografía	Trimestral	Comunidades GAD de El Oro
---	--	----------------	-----------------------------------	------------	---------------------------

Fuente: Autores

## 7. DISCUSION

(Cascante-Almeida et al., 2019) realizó un estudio para identificar el nivel de desertificación mediante los sistemas de información geográfica, en donde se enfocó directamente a la erosión y degradación de la tierra en zonas secas. Este estudio lo llevo a cabo el Ministerio del Ambiente de Ecuador y el Ministerio de Agricultura y Ganadería, obteniendo que el 47 % de los suelos están en procesos de degradación de carácter activo, el 35 % tiene una susceptibilidad a la desertificación media a alta, ocasionado directamente por las actividades antrópicas, incremento de la frontera agrícola, así como aumento de técnicas peligrosas para la biota del suelo. Finalmente, el 44 % tuvieron menor peligro a los procesos de desertificación.

(Pacheco Torres, 2015) especifica que los procesos de desertificación han aumentado en valores superiores a 3,5 millones de hectáreas a nivel global, lo cual representa el 25% de la zona terrestre, esta erosión del suelo pone en peligro la estabilidad de millones de personas en más de 100 países, ya que esto ocasiona impactos sobre el pastoreo, cultivo temporal y a la irrigación, poniendo en duda la estabilidad alimentaria.

(SERVICES, 2018); (Castillo, 2015) reportan un estudio sobre las variables que intervienen en los procesos de desertificación, mediante imágenes satelitales del sensor Landsat 7 y 8, dicho estudio especifica que las variables meteorológicas son esenciales para identificar los procesos de desertificación, las cuales inciden en el comportamiento terrestre, ya sea la temperatura, evaporación, velocidad del viento y precipitación,

encontrando que a escasos niveles de precipitación y altos niveles de radiación inciden directamente en la pérdida de la vegetación e incremento de las zonas de erosión, influyendo directamente en los procesos de desertificación y coadyuvando a las sequías, generando con ello que los suelos lleguen a niveles complejos de fertilidad. Además, aplicaron métodos de verificación de datos mediante técnicas espaciales como es la matriz de confusión a base del índice de Kappa, exponiendo que si la confiabilidad oscila entre 0,9 a 1 (90% al 100%) los resultados son casi perfectos, y los resultados serían confiables.

Si bien es cierto en La Provincia de El Oro no existen registros de estudios que identifiquen las zonas susceptibles a la desertificación, pero nosotros en este estudio podemos encontrar similitudes con diferentes análisis que se han reportado a través de los años, entre los que se pueden nombrar son los publicados por (SERVICES, 2018); (Castillo, 2015) en donde dice que los altos niveles de temperatura y la ausencia de precipitación influyen para que se produzcan en mayor proporción los procesos de desertificación, ocasionando mayores niveles de erosión sobre una zona de estudio. Además encontramos similitudes con el estudio reportado por (Pacheco Torres, 2015) que explica que las provincias de Loja, El Oro, y Azuay son altamente susceptibles a la desertificación, por las bajos niveles de precipitación que se han dado en la última década.

(Portilla et al., 2014) realizó un estudio de documentos existentes, información que permite la evaluación histórica de la desertificación mediante análisis multitemporal y multicriterio a través de sistemas de información geográfica (SIG), con el fin de identificar determinar las direcciones necesarias para revertir, controlar y prevenir este proceso en Provincia del Azuay. Entre 1982 y 2008, las áreas no sensibles a la desertificación disminuyeron un 2,28% y las potencialmente susceptibles un 3,75%; mientras que la zona frágil aumenta un 0,71% y la zona especialmente sensible un 5,32%.

(Velásquez, 1984) hizo un estudio de documentos existentes, información que permite la evaluación histórica de la desertificación mediante análisis multitemporal y multicriterio a través de sistemas de información geográfica (SIG), con el fin de identificar determinar las direcciones necesarias para revertir, controlar y prevenir este proceso en Provincia del Azuay. Entre 1982 y 2008, las áreas no sensibles a la desertificación disminuyeron un 2,28% y las potencialmente susceptibles un 3,75%; mientras que la zona frágil aumenta un 0,71% y la zona especialmente sensible un 5,32%.

(Comisión Económica para América Latina y el Caribe et al., 2020) encontró que, en Ecuador, solo 3 millones de ese total podrían destinarse al desarrollo agrícola, urbano e industrial, o 7 millones en la región, respectivamente, en las zonas 1 y 11, de los cuales actualmente se destinarán en el corto plazo. millones de Carrizal y 1 0 millones de m<sup>3</sup>. por Poza Honda, y un estudio sobre posible despliegue en los próximos años; Chone 701.6 millones de m<sup>3</sup>; Cuaque 97,5 millones de m<sup>3</sup>, 8riceño 112,6 millones de m<sup>3</sup>; Ayampe 213, Lascano y Paján 6 5, brindando un total de 5 8,8 millones de usos en el mediano plazo; y ~3.082~ millones de m<sup>3</sup>. a la larga, lo que se suma a los anteriores rendirá 3.66 millones J113

(Cascante-Almeida et al., 2019) Concluyó que la región sur del Ecuador definida por el 35% de la superficie total del estado (109.705,29 ha) presenta una susceptibilidad moderada a alta a la desertificación, la cual se debe principalmente a la deforestación por el avance de la agricultura de frontera y el uso de técnicas de agricultura intensiva; mientras que el 44% tiene baja sensibilidad a la desertificación y solo el 21% de las superficies tiene cero sensibilidades.

## 8. CONCLUSIONES

- En conclusión, el análisis multitemporal de las imágenes satelitales permitieron identificar los cambios de uso de suelo que van desde 1990 al 2020 , en donde se estipula que para comienzos del 1990 las zonas de mayor proporción fueron las de preservación , conservación, y protección , las mismas que al pasar de los años fueron perdiendo biomasa forestal debido a diversos procesos de erosión y contaminación del suelo , es así que para el año 2010 y 2020 el nivel de las zonas de conservación fueron mínimas perjudicando a la estabilidad del terreno influyendo directamente en los niveles de desertificación , generando un impacto directo sobre el ecosistema.
- Mediante este estudio se concluye que las condiciones meteorológicas forman un papel importante en los niveles de contaminación, especialmente en los procesos de desertificación es así que con este estudio la temperatura, precipitación y evaporación son variables determinantes para el incremento o reducción de estos procesos es así que para la década del 2010 y 2020 los niveles de temperatura fueron en aumento y los rangos de precipitación se redujeron al año 2000 ocasionando una afección preocupante tanto a la microbiota del suelo como a la fertilidad y retención del agua.
- En este estudio se visualiza que la desertificación es un problema grave que el cual se está viviendo en todas partes ya sea por sus diferentes causas como meteorológicas, variaciones climáticas como la temperatura, la precipitación, evaporación hasta la misma dirección del viento que en lugares son muy fuertes y persistentes provocando erosiones y degradación de los suelos de la Provincia del Oro, por lo que llega a provocar un grado de aridez muy grande e infertilidad en la tierra deteriorando a un más con el cambio climático y las actividades excesivas

que genera el ser humano en suelos ya no resistentes por lo que se vuelven zonas susceptibles así mismo desapareciendo la vegetación, cuerpos de agua y lugares protectores ahora usados para actividades agrícolas.

- Los sistemas de información geográficos ayudaron de una importante manera para cuantificar los datos junto con el cambio de uso de suelo y las variaciones climáticas, las cuales permitieron evaluar los niveles de desertificación para el año actual del 2020. Teniendo en cuenta el análisis de la sensibilidad sobre la desertificación conjuntamente con los factores económicos, ambientales, estructurales y biológicos, es importante comprobar el comportamiento y como este ha influido mediante la variación climática.
- El cambio de uso de suelo como parámetros de estudio de la temperatura, precipitación y evaporación, indica la elevación de temperatura fomentó la pérdida de biomasa vegetal y la reducción de cuerpos de agua, lo que influye directamente a la desertificación en la provincia de EL Oro.
- La zona de estudio consecuentemente con el análisis establecido mediante los parámetros, teniendo en cuenta que la variación de temperatura tuvo un rango que oscila entre los 25, 50 °C hasta 25, 69 °C, provocando afecciones a la agricultura, poniendo así en desequilibrio el recurso alimentario, por lo contrario, para la precipitación se obtuvo valores altos entre 1229,75 mm y 1716,67 mm, mientras que para el análisis de evaporación tuvo valores altos entre 2214,22 mm/día y 2214,21 mm/día, considerando positivo para las zonas productivas. Concluyendo los niveles de evaporación y precipitación se generó en las zonas agrícolas lo que fomentó la producción y finalmente las temperaturas en niveles altos continuaron en las zonas de Conservación y protección.

- La sensibilidad sobre la desertificación en la provincia durante el tiempo de estudio, tuvo de enfoque en los cantones de Machala, Chilla, Balsas, Pasaje y el Guabo con 277383,25 ha, considerados como los más susceptibles a niveles altos, por el contrario, la susceptibilidad baja se encuentra en los cantones de Arenillas, Las Lajas, Marcabelí y Portovelo con un total de 130458,37 ha. Y por último la susceptibilidad media reflejados en los cantones de Atahualpa, Piñas, Zaruma y Huaquillas con 166445,78 ha.
- La ejecución de las alternativas y del plan de acción nos ayudaran a mejorar, proteger y restaurar la cobertura vegetal de los suelos en la Provincia del Oro para así lograr bajar la tasa de desertificación contribuyendo a un uso sostenible de los recursos naturales, beneficiando a nosotros mismo y a la población futura contribuyendo a mitigar, controlar y prevenir la pérdida de biodiversidad, recursos hídricos, etc. Beneficiando también con prácticas agrícolas sostenibles para el suelo, así las personas que su trabajo o sustento diario las determinan estas actividades no se quedarían sin el mismo logrando una reducción de pobreza y escases.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Reutilizar información para las imágenes satelitales que contengan un porcentaje de nubes mínimo para cuando se vaya a realizar estos índices espectrales no tengan ningún error en las mismas.
- Realizar una actualización de estaciones meteorológicas ya que no contiene la suficiente información necesaria para poder realizar un análisis de las diferentes variables de incidencia en los procesos de desertificación y así mantener un estudio continuo.

- Plantear este estudio multitemporal al Municipio para que este sirva como base para demás proyectos de desertificación, incentivando al desarrollo de un Plan de Manejo Ambiental.
- Proveer de información cartográfica necesaria para el manejo de más estudios multitemporales.
- Realizar un constante análisis sobre los cambios de uso de suelo en la provincia, cuantificando así la pérdida que se ha venido dando en los últimos años de tal forma que permita realizar buenas decisiones en cuento a la problemática ambiental que trae consigo estas variaciones.
- Poner en práctica las diferentes alternativas realizadas, para la provincia de El Oro para lograr una mejora y ayuda a sus suelos así ayudando además a personas que viven de actividades que utilizan este insumo.

## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Acevo Herrera, R. (2011). *Sistemas de teledetección activos y pasivos embarcados en sistemas aéreos no tripulados para la monitorización de la tierra*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Aguilar, H., Mora, R., & Vargas, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo Flaash del software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 53, 39–59.
- Airthings. (2021). *No Title*.
- Ambiente, M. del. (2018). La lucha contra la desertificación una prioridad nacional. *Reliefweb*.
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica (6ta ed.). *Editorial Episteme*.
- ATRIA INNOVATION. (2020). *Tecnología hiperespectral ¿qué es\_\_ ATRIA Innovation* —.
- Auxiliadora, M., M<sup>a</sup>, C., & Casterad, A. (2012). *Introducción a la teledetección Introducción a la teledetección ¿Qué es la teledetección? ¿Qué es la teledetección? ¿Qué es la teledetección? ¿Qué es la teledetección?*
- Baena Paz, G. (2017). Protocolo y diseño de la Metodología de la Investigación. In *Metodología de la investigación (3a. ed.)* (Issue 2017). file:///C:/Users/Tony Sanchez/Downloads/metodologia de la investigacion Baena 2017.pdf

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Pearson Ed).
- Bonilla, M. C. G. (2019). *Estudio de la degradación de suelos y tierras por desertificación en la jurisdicción de la car.* <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7798/Tra bajo de grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Buenas Tareas. (2012). *Teledeteccion*.
- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M. Á., & Sánchez-López, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: Estudio de caso en progreso hidalgo, estado de méxico. *Madera Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Cascante-Almeida, P. G., Andrade-Muñoz, L. B., & Reyes-Pozo, M. D. (2019). Determinación de zonas susceptibles al fenómeno de desertificación en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura. *Polo Del Conocimiento*, 4(6), 208. <https://doi.org/10.23857/pc.v4i6.1007>
- Castillo, E. (2015). *Caracterización de las propiedades y fertilidad de los suelos provincia del oro*. 98.
- Castro, M. C., & Salinas, P. (2009). *Métodos de investigación social*.
- Chilton, A. (2020). *El principio de funcionamiento y las aplicaciones clave de los sensores infrarrojos*.
- Collado, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación científica (6ta ed.). *McGraw Hill*. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Pasos, M. De, Fundamentales, L., MAVD, M. de ambiente vivienda y desarrollo territorial, MADS, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Granados, C., Rebolledo, R., Sarría, F. A., Palazón, J. A., Biol, C., Escala, A., Posada Arrubla, A. M., Salamanca García, J. A., Gantiva, D. F., Magbma, Fao, FIDA, Cient, C., ... Salgado, R. (2020). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. In *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* (Vol. 1, Issue 3).
- Earth Observing Sistem. (2021). *Teledetección\_ Tipos Y Aplicaciones De Los Sensores Remotos*.
- El Comercio. (2018). *La mitad de las tierras en Ecuador muestran signos de degradación*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/degradacion-suelo-planetaeideas-ecuador-desertificacion.html>
- EOS. (2021). *Landsat 8: imágenes satelitales, descripción general y características*. Earth Observing System.
- Esri. (2021). *Introducción a las imágenes \_ Learn ArcGIS*.
- FAO. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Estudio FAO Montes 131.
- Galicia, L., García, A., Gómez, L., & Maria, R. (2015). *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. Academia Mexicana de Ciencias.

- GeoEnciclopedia. (n.d.). *Elementos del Clima*.
- Gis&Beers. (2018). *Corrección radiométrica de imágenes satélite - Gis&Beers*.
- Gobierno de México. (2022). *Glosario y Descripción*.
- GOV.CO. (2014). *Coberturas De La Tierra - Ideam*.
- Guadalupe Sánchez-Méndez, A., & Pedro Arguijo-Hernández, S. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales para la detección de cultivos y detección de plagas y enfermedades en la producción de café Analysis of Multispectral Images for the Detection of Crops and Detection of Pests and Diseases in Coffee Production. *Research in Computing Science*, 147(7), 309–317.
- Guillén, C., Murugan, V., & Dávila, M. (2015, November). Aplicación de teledetección y SIG para el levantamiento cartográfico de los suelos de la cuenca Solani, India. *Revista Geografica Venezolana*, 56(2), 185–204.
- Harris Soluciones Geoespaciales. (2022). *ENVI® \_ Software de análisis y procesamiento de imágenes \_ Software de análisis de imágenes geoespaciales*.
- Hidalgo, F. K., & Ramírez, J. C. R. (2009). Aplicación de las técnicas de muestreo en los negocios y la industria. In *Ingeniería Industrial* (Issue 27).
- INEGI. (2016). *Satélite LANDSAT*.
- Ingeoexpert. (2018). *¿Qué es la teledetección y qué sistemas existen? | Ingeoexpert*. Revista AquaTIC.
- Instituto Geográfico Nacional. (2018). *3D Analyst y ArcGlobe. Teledetección*. Instituto Geográfico Nacional.
- Inzunza, Juan. (2006). Capítulo 4. Temperatura. *Meteorología Descriptiva*, 85–111.
- Itzel Castro Mendoza. (2017). *Corrección de la sombra topográfica en imágenes satelitales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- José E. Marcano M. (2022). *Satélites LANDSAT*.
- Keller, I. (2013). Cambio climático. *Ethic*. <https://ethic.es/2013/06/la-desertificacion-afecta-ya-a-250-millones-de-personas-en-el-mundo/>
- MAAE, & MAE. (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 - CALIDAD WEB.pdf* (p. 225).
- MATOR. (2017). *HUMEDAD RELATIVA Y ABSOLUTA: CUÁLES SON SUS DIFERENCIAS*.
- Meteored. (2018). *¿De qué hablamos cuando hablamos de precipitaciones?*
- Miller, J.-A. (2006). *1. Fundamentos de la perversión*. Fundamentos de La Teledetección.
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2017). *Ecuador lucha contra la desertificación | Ministerio del Ambiente*.
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2019). *Líneas de acción del Ecuador para la lucha contra la desertificación fueron presentadas*. <https://www.ambiente.gob.ec/lineas-de-accion-del-ecuador-para-la-lucha-contra-la-desertificacion-fueron-presentadas/>

- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación. Cualitativa – cualitativa y redacción de tesis (4ta ed.)*. <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf>
- Netatmo. (2017). *Precipitación*.
- Nireos. (2015). *¿Qué Es La Imagen Personal?*
- Ochoa, C. (2015). *Muestreo probabilístico: muestreo estratificado*. Netquest. <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-estratificado>
- ONU. (2020). La deforestación disminuye, pero no al ritmo suficiente para proteger al planeta | Noticias ONU. In *Cambio climático y medioambiente*.
- Pabón, J., Zea, J., León, G., Hurtado, G., Gonzáles, O. C., & Montealegre, J. (2004). El medio ambiente en Colombia. *El Medio Ambiente En Colombia*, 92–113.
- Pacheco Torres, H. Y. (2015). *Evaluación de la desertificación en la provincia del Azuay a partir del año 1980*. 172.
- Pedro Oña. (2015). *ELEMENTOS DEL CLIMA ( y VI): EVAPORACIÓN, AVAPOTRANSPIRACIÓN Y ARIDEZ*.
- Perez, J., Food, U. S., Pineda-jaimes, N. B., & Cadena, E. (2015). *Cambios de cobertura / uso del suelo en una porción de la Zona de. January*.
- Portalfruticola.com. (2016). *Los estomas y la transpiración en las plantas*.
- Portilla, F., Noguera, M., & Pacheco, N. (2014). Diagnostico multitemporal de las areas ambientales sensibles a la deforestacion. *Revista de Ciencias de Vida*, 20(1390–3799), 36–44.
- Pyrczark, F. (2009). *Evaluating research in academic journals. A practical guide to realistic evaluation (6ta ed.)*. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=KMV1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Evaluating+research+in+academic+journals.+A+practical+guide+to+realistic+evaluation+\(6ta+ed.\)&ots=eo2nBnbke-&sig=68rdwZWxEjgXR9Uhg8KkdiA5DZ0#v=onepage&q=Evaluating research in ac](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=KMV1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Evaluating+research+in+academic+journals.+A+practical+guide+to+realistic+evaluation+(6ta+ed.)&ots=eo2nBnbke-&sig=68rdwZWxEjgXR9Uhg8KkdiA5DZ0#v=onepage&q=Evaluating+research+in+ac)
- Raffino, M. E. (2020). *Humedad - Concepto, tipos, medición, clima y nubes* (pp. 1–2).
- Romero, S., & Romero, F. S. (2006). *La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental Resumen Introducción La preocupación de los ciudadanos por la escasez creciente de los recursos naturales y exigen , han de descansar en la realización de un inventario más completo y*.
- S&P. (2019). *Humedad relativa , específica y absoluta*. S&P.
- Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. 60.
- Senplades, & Ministerio del Ambiente. (2014). Gestión integrada para la lucha contra la desertificación de la tierra y la adaptación al cambio climático. *Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, Ministerio Del Ambiente*, 165.

- SERVICES, O. (2018). *La lucha contra la desertificación una prioridad nacional - Ecuador* / ReliefWeb.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG Ecociencia. January 1999*, 194. <https://doi.org/10.13140/2.1.4520.9287>
- Significados. (2016a). *Significado de Evaporación*.
- Significados. (2016b). Significado de Precipitación (Qué es, Concepto y Definición) - Significados. In *Significados.com*.
- SIGTierras. (2016). *Cobertura y uso de la tierra | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*.
- Tamayo, M. (1999). El Proyecto de Investigación. Serie aprender a investigar. In *Icfes*. <http://academia.utp.edu.co/grupobasicoclinicayaplicadas/files/2013/06/5.-El-Proyecto-de-Investigación-APRENDER-A-INVESTIGAR-ICFES.pdf%0A>
- Teledet. (2020). *¿Qué es una imagen satelital?* (pp. 1–1).
- Velasquez, S. (1984). *Los bosques y la erosión en el Ecuador. Los desequilibrios ecológicos en la costa ecuatoriana*. 264.

## 11. ANEXOS

**Tabla 11**

*Formato de validación de puntos en campo*

PUNTO 1	
COORDENADA X	626124
COORDENADA Y	9661928
UBICACIÓN	El Guabo
CLASIFICACION	4

Fuente: Autores

**Figura 61**

*"San José" del cantón Portovelo*



Fuente: Autores

**Figura 62**

*Cantón Piñas*



Fuente: Autores

**Figura 63**

*Zona ganadera del Cantón El Guabo*



Fuente: Autores

**Figura 64**

*Vía Huertas Cantón Zaruma*



Fuente: Autores

**Figura 65**

*Cantón Atahualpa*



Fuente: Autores

**Figura 66**

*Puerto Jelí*



Fuente: Autores

**Figura 67**

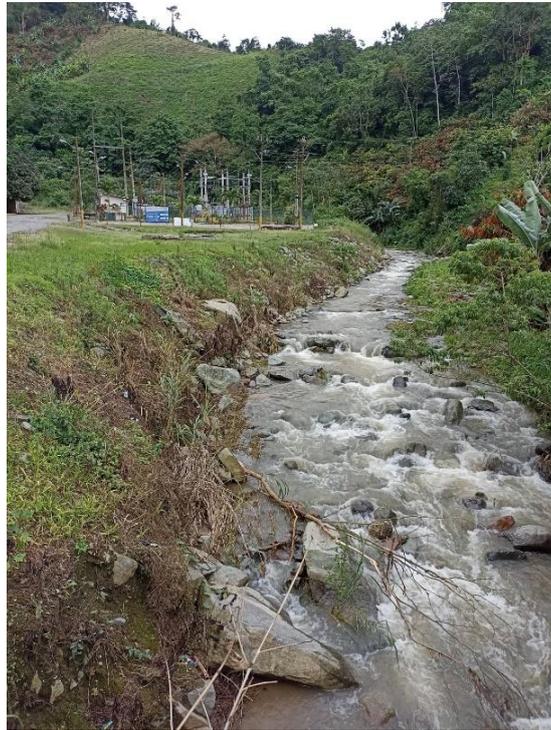
*Cantón Santa Rosa*



Fuente: Autores

**Figura 68**

*Rio Cune, vía Chilla*



Fuente: Autores

**Figura 69**

Mirador "San José" Portovelo



Fuente: Autores

**Figura 70**

*Visualización desde el mirador el sector minero*



Fuente: Autores

**Figura 71**

*Cantón Chilla*



Fuente: Autores

**Figura 72**

*Puerto Jelí*



Fuente: Autores

**Figura 73**

*Las Lajas*



Fuente: Autores

**Figura 74**

*Representación Molino en el cantón Portovelo*



Fuente: Autores

**Figura 75**

*Cantón Huaquillas*



Fuente: Autores