



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**AREA BIOLÓGICA Y BIOMÈDICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Distribución Geográfica y Potencial de *Bixa orellana* L. (achiote) en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTOR:** Carrillo Vega Johanna Gabriela

**DIRECTOR:** Morocho Andrade José Miguel, Mgtr.

**LOJA-ECUADOR**

**2016**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2016

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgtr.

José Miguel Andrade Morocho

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación “**Distribución Geográfica y Potencial de *Bixa orellana* L. (achiote) en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe**” realizado por Carrillo Vega Johanna Gabriela ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, agosto 2016

Mgtr. Andrade Morocho José Miguel

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Carrillo Vega Johanna Gabriela declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Distribución Geográfica y Potencial de *Bixa orellana* L. (achiote) en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental, siendo José Miguel Andrade Morocho director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Autor: Carrillo Vega Johanna Gabriela

1104361462

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado principalmente a Dios por guiar mis pasos y ayudarme a superar las dificultades que se me presentaron a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mis padres y segunda mama Holger, Lucia y Mercedes, porque creyeron en mí, dándome ejemplos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada mi meta, gracias por haberme estado impulsando en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis hermanos Cristofher, Shirley y Jocelyne porque han sido mis compañeros y amigos fieles en el camino hasta aquí recorrido.

A mi sobrina Milette porque es la chispa y el ángel adecuado que llegó para poder con más entusiasmo culminar mi meta.

A mi familia en general ya que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mi meta y por haber fomentado en mí el deseo de superación.

A mi amigo incondicional José Luis testigo de mis triunfos y fracasos a lo largo de este camino.

Johanna Gabriela Carrillo Vega

## **AGRADECIMIENTO**

Hago llegar un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, especialmente a la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, por haberme formado y brindado una sólida formación universitaria.

Al Departamento de Química, quienes apoyaron a la realización y desarrollo de esta investigación.

A los Docentes Ing. Hernán Lucero, PhD. Vladimir Morocho, Mgtr. Ángel Benítez, por sus enseñanzas durante mi periodo de Tesista.

De manera especial al Mgtr. José Miguel Andrade, Director de Tesis, por su interés y apoyo en la realización de este proyecto, por haberme brindado su confianza, su tiempo y por compartir sus conocimientos profesionales para mi formación.

A mi amiga y compañera Alexandra Figueroa, por su apoyo en el desarrollo de la fase de campo de la investigación.

Finalmente, y no por ello menos importante, muchas gracias al Ing. Franklin Bravo por el apoyo brindado en el transcurso de esta investigación.

A todos, muchas gracias.  
Johanna Gabriela Carrillo Vega

## INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG
CARATULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE DE CONTENIDOS .....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>CAPITULO I</b> .....	6
<b>MARCO TEÒRICO</b> .....	6
<b>1.1. Biodiversidad</b> .....	7
<b>1.2. Biodiversidad en el Ecuador.</b> .....	7
Valor de Biodiversidad. ....	7
Valor ecológico.....	7
Valor ético o cultural.....	7
Valor económico. ....	8
<b>1.3. <i>Bixa orellana</i> L.</b> .....	8
Taxonomía. ....	8
Nombres comunes. ....	8
Descripción Botánica.....	8
Origen.....	9
Distribución. ....	9
Hábitat. ....	9
Usos.....	10
Importancia económica. ....	10
<b>1.4. Biogeografía</b> .....	10
Modelos de distribución.....	11
Modelos de distribución Potencial. ....	11
Importancia de los modelos de distribución potencial.....	11
Clasificación de modelos de distribución potencial.....	11
<b>1.5. Sistemas de Información Geográfica</b> .....	12

Aplicabilidad de SIG en los modelos de distribución potencial. ....	13
MaxEnt. 13	
<b>CAPITULO II.</b> ....	15
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
2.1. Área de estudio.....	16
2.2. Diseño y recolección de datos .....	17
2.3. Análisis de datos.....	18
<b>CAPITULO III.</b> .....	21
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	21
<b>3.1. Modelo de Distribución Geográfica Potencial de <i>Bixa orellana</i></b> .....	22
<b>3.2. Evaluación del modelo</b> .....	23
3.2.1. Análisis ROC (Receiver Operating Characteristics).....	23
3.2.2. Prueba Jackknife para el modelo de predictivo de <i>Bixa orellana</i> .....	25
CONCLUSIONES .....	27
RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS.....	33



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nivel Taxonómico de <i>B. orellana</i> .....	8
Tabla 2. Métodos de distribución de especies .....	12
Tabla 3. Área de estudio.....	16
Tabla 4. Matriz usada para la recopilación y organización de información, en función de las zonas, tomando en cuenta los datos de ubicación de las muestras recolectadas. ....	18
Tabla 5. Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelamiento. ....	19
Tabla 6. Porcentaje de la contribución de las variables ambientales en el modelo de distribución de <i>Bixa orellana</i> . ....	23

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	17
Figura 2. Distribución de <i>Bixa orellana</i> L.....	18
Figura 3. Distribución geográfica potencial de <i>Bixa orellana</i> L. ....	22
Figura 4. Curva de operación característica del receptor ROC para el modelo predictivo <i>B. orellana</i> L.....	24
Figura 5. Analisis de contribución de las variables ambientales, en el modelo de distribución potencial de <i>B. orellana</i> L. ....	26

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó la distribución geográfica potencial de *Bixa orellana* L. conocida comúnmente como achiote en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe.

Para los modelos de distribución geográfica se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG); para la distribución potencial de *B. orellana* se utilizó el método de modelamiento MaxEnt, en el cual se usó datos de ocurrencia de la especie y diecinueve variables bioclimáticas.

El modelo proyectado por MaxEnt representa la precisión del modelo para *Bixa orellana* en el cual se obtuvo un valor de AUC (Área Bajo la Curva) de 0.998, demostró un alto valor significativo estadístico. Entre las variables que más contribuyeron al modelo son la Precipitación del trimestre más frío 37.9%, Temperatura media anual 27.7%, Rango anual de temperatura 7.3%.

Según el modelo la especie se encuentra potencialmente distribuida en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe en un rango altitudinal de 390 a 1862 m s.n.m.

**Palabras clave:** Distribución geográfica, distribución potencial, Sistemas de Información Geográfica, MaxEnt, *Bixa orellana* L.

## ABSTRACT

In the present research we studied the potential geographical distribution of *Bixa orellana* L. commonly known as achiote in the province of Loja and Zamora Chinchipe analyzed.

For geographic distribution models Geographical Information Systems (GIS) were used; for potential distribution of *B. orellana* and distribution models Maxent modeling method, in which data of occurrence of the species and nineteen bioclimatic variables was used.

The projected MaxEnt model represents the accuracy of the model for *Bixa orellana* in which an AUC (Area Under the Curve) of 0.998, was obtained showing a high statistical significant value. Among the variables that contributed most to the model are precipitation of coldest quarter 37.9%, 27.7% average annual temperature, annual temperature range 7.3%.

Depending on the model the species is potentially distributed in the provinces of Loja and Zamora Chinchipe in an altitudinal range of 390-1862 m a.s.l..

**Keywords:** Geographical distribution, potential distribution, Geographic information systems, Maxent, *Bixa orellana* L.

## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es un recurso indispensable pues muchas de nuestras necesidades cotidianas se relacionan con ella. La alimentación, la vivienda, la salud, entre otros aspectos; se relaciona directamente con los recursos naturales disponibles para satisfacer las necesidades elementales de las poblaciones locales. La conservación y el manejo del entorno natural son claves para el manejo y desarrollo humano (Vera, 2013).

La gran diversidad de la flora ecuatoriana ha sido reconocida y estudiada desde hace mucho tiempo. Hasta la fecha se documentó la presencia de más de 16.000 especies de plantas; este número en los últimos años se ha incrementado en un 6%, por lo que en la actualidad el número de especies vasculares sobrepasa las 17.000 (Balslev et al., 2008). En todo el mundo la diversidad de plantas, ha despertado su interés debido a sus innumerables beneficios para el ser humano (Vera, 2013).

La cuarta parte de las especies de la flora ecuatoriana es endémica (Valencia, 2000) y de ellas el 7% han sido reportadas como útiles (Balslev et al., 2008). Así también se han registrado 19512 colecciones etnobotánicas de las cuales el 11,47 % es decir 2239 se encuentran en la provincia de Loja, ocupando el primer lugar en la región sierra y el segundo a nivel de país, luego de Orellana con 2703 colecciones (Jaramillo, 2014).

La mayoría de estudios etnobotánicas realizados en la provincia de Loja resaltan que los principales usos que se les dan a las plantas son: medicinal, alimenticio, combustible y construcción (Balslev et al., 2008). Por esta razón nace el interés de investigar a *Bixa orellana*, pequeño arbusto perenne nativo de Centro y Sur América. Hoy en día se ha introducido en otros lugares en zonas tropicales tales como, Ceilán e India. Las semillas de la especie se utilizan como un colorante natural en una variedad de productos alimenticios. La mayoría del tiempo las semillas se venden en forma de polvo o una pasta de extracto hecho con aceites vegetales o bases químicas (Pineda, 2015). Los grupos indígenas lo utilizan para usos domésticos como colorante natural. También lo utilizan para dar color a su piel durante rituales religiosos y para protegerse de la luz del sol y de los mosquitos. En Ecuador, los hombres de la etnia Tsáchilas también conocido como los colorados se tiñen el cabello con una pasta hecha de achiote (Pineda, 2015).

De estudios previos como es el caso de Compadre et al., (2014) se han encontrado compuestos con propiedades tintóreas además es una especie conocida actualmente con una patente en estudio por su capacidad de mitigar los efectos de la radiación.

Así como también del estudio realizado por Pineda, (2015) menciona que han habido muchos informes sobre actividad biológica atribuida a achiote, como antioxidante, contra el cáncer, anti-mutagénica, antimicrobiano, anticlastogénica, antileishmania, efectos repelentes de mosquitos y por ende evita la malaria. Los estudios sugieren que el achiote carece de toxicidad. Los principales componentes del achiote son los carotenoides, la bixina y nor-bixina; sin embargo, los compuestos de vitamina E  $\delta$ -tocotrienol y  $\gamma$ -tocotrienol también están presentes por lo que el extracto de achiote estandarizado tiene el potencial de proteger a los humanos contra la radiación.

Al no existir información sobre la distribución geográfica y potencial, el reto es determinar la misma, teniendo a mano herramientas que nos pueden dar una imagen aproximada de la situación. Una de estas herramientas es el sistema de información geográfica (SIG) y el método de modelamiento MaxEnt, los cuales han sido utilizados con éxito para evaluar la Distribución geográfica y potencial de las especies, aportando con información adicional para estrategias de conservación (Morejón, 2009).

El estudio sobre la potencialidad de distribución geográfica pretende predecir hábitats potenciales. Los SIG cumplen con un papel fundamental y resultan ser un instrumento muy útil para crear mapas de distribución y hábitat potencial, abundancia y riqueza de especies, así como para la fácil y rápida detección, evaluación y manejo de especies invasivas, y para determinar procesos como la dispersión, adaptación, competencia, sucesión, presiones provocadas por incendios y pastoreo, entre otras (Peterson, 2001).

Es así que la distribución potencial de las especies determina la posibilidad de su presencia en el territorio basándose en modelos predictivos (Nualart & Font, 2005).

Es por esta razón diversas investigaciones se han basado en estos modelos de Distribución potencial y usos de especies como: *Oenocarpus batana* Mart en la provincia de Zamora Chinchipe (Chuindra, 2014); Caracterización de hábitat y distribución geográfica de *Hedyosmum scambrum* (Ruiz & Pav) Solms en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, (Vera, 2013), Estudio de la distribución de *Pouteria lúcum* (Ruiz & Pav) Kuntze en la provincia de Loja (Iñiguez & Jaramillo, 2007); Predicción de la distribución geográfica potencial de la especie invasora Rana Toro Americana (*Lithobates catesbeianus*) en Ecuador (Morejón, 2009), por mencionar unos pocos ejemplos. Como resultado, se han almacenado numerosas investigaciones con artículos y sus contribuciones metodológicas y teóricas relevantes para la modelización de distribución de especies.

Para los procesos de conservación, la etnobotánica, al estudiar la relación del hombre con las plantas permite conocer el uso de los recursos vegetales desde quienes lo usan y la influencia del ambiente en las culturas interactuante (De la Torre, Muriel, & Balslev, 2006). El Ecuador a pesar de que es un país muy pequeño, posee una gran diversidad de especies útiles de gran importancia etnobotánica (Cerón & Montalvo, 1998). A lo largo de la historia se han realizado varias investigaciones con respecto a la flora y sus usos con el fin de rescatar conocimientos ancestrales y ofrecer alternativas de explotación (Cerón & Montalvo, 1998).

Bajo estas referencias esta investigación pretende determinar la distribución geográfica y potencial de *Bixa orellana* L. en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, a partir de variables bioclimáticas a través de la identificación de factores más influyentes en la distribución que nos permitan conocer las áreas de prioridad para su cultivo y aprovechamiento sustentable.

## **OBJETIVOS.**

### **General.**

Determinar la distribución geográfica y potencial de *Bixa orellana* L. en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

### **Específicos.**

Determinar la distribución geográfica de *Bixa orellana* L. en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

Realizar un modelo de distribución potencial para la especie en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

## **CAPITULO I**

### **MARCO TEÒRICO**

### **1.1. Biodiversidad.**

El convenio de la Biodiversidad Biológica, presentado en la conferencia de la Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo (PNUD), celebrado en Rio de Janeiro en 1992, define la biodiversidad como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. El convenio de biodiversidad la divide en tres componentes: La diversidad de ecosistemas, la diversidad de especies y la diversidad de genes (PNUD, 1992).

### **1.2. Biodiversidad en el Ecuador.**

El Ecuador se encuentra en el cinturón tropical de la Tierra además, está atravesado de norte a sur por la Cordillera de Los Andes, haciendo de esta zona la de mayor productividad del mundo (Burneo, 1997).

Mittermeier & Goettsch (1997) catalogan al Ecuador como uno de los 17 países megadiversos del mundo o, dicho en otras palabras, es uno de los países más ricos en diversidad biológica, pero no fue sino hasta el año 2000 cuando se publicó el Libro Rojo de las Plantas Vasculares del Ecuador (Valencia, 2000) en el cual se documentó la existencia de 4011 especies conocidas solamente en el Ecuador (Balslev et al., 2008), y más aún si se toma en cuenta que está concentrada en tan solo 260.000 km<sup>2</sup>, menos del 2 % de América del Sur (Sierra, 1999).

#### **Valor de Biodiversidad.**

La conservación de la diversidad biológica se sustenta en tres aspectos principales: el valor ecológico, el valor ético o cultural y el valor económico (Varea et al., 1997):

#### **Valor ecológico.**

Se refiere a las funciones reguladoras que resultan de los diversos procesos ecológicos y a las interacciones entre los diversos organismos y su entorno.

#### **Valor ético o cultural.**

Es el derecho intrínseco que cada ser vivo tiene para existir, sin importar su utilidad o no para la humanidad. El valor ético se fundamenta en el respeto del ser humano hacia la naturaleza y en el reconocimiento de que sus actividades tiendan a mantener la armonía y el balance con ella. Así mismo, el valor cultural de la biodiversidad se expresa en las diversas lenguas y religiones; mitos, símbolos y creencias; expresiones



artísticas; estructuras sociales y en el manejo de los recursos que hacen las comunidades locales y poblaciones indígenas (Primack et al., 2001).

### Valor económico.

Se refiere al aporte de los ecosistemas, las especies y la información genética para el desarrollo. La diversidad biológica constituye un importante recurso natural para las generaciones actuales y futuras (Primack et al., 2001).

### 1.3. *Bixa orellana* L.

#### Taxonomía.

Los nombres comunes de esta especie son achiote o bija, que comprende un solo género denominado *Bixa*, con una especie cultivada, *Bixa orellana* L. (Lugardo, 2010). Clasificación de *Bixa orellana* L. (tabla 1) según la clasificación de González, 1992 citado en (Narciso, 2012).

**Tabla 1.** Nivel Taxonómico de *B. orellana*.

NIVEL TAXONÓMICO	
<b>DIVISIÓN</b>	Magnoliophyta
<b>CLASE</b>	Magnoliopsida
<b>ORDEN</b>	Malvales
<b>FAMILIA</b>	Bixaceae
<b>GENERO</b>	<i>Bixa</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>orellana</i>



Fuente: (Gonzales, 1992).

#### Nombres comunes.

**Ecuador:** Achiote. **Inglés:** Anate, Annatto. **Venezuela:** Onoto, Onotillo. **Brasil:** Urucú, Uru-ura **Perú:** Achote, Achiote, Potsoti, Urucu. **Panamá:** Achote **Colombia:** Achote, Achiote, Onoto, Bijo, Bija. **Costa Rica:** Achiote, Achote, Katshá, Krikrá Shonguó, So, Acote **México:** Anato, Achote, Achiote, Achiote, Achiyote, Chancaguarica, Urucu, Pumacoa, Kuxub o Kíwí (en maya) (Hernández & Tito, 1988).

#### Descripción Botánica.

*Bixa orellana* L. es una planta arbustiva de la familia Bixaceae, de rápido desarrollo (Véliz, 2010), cultivada, perenne, que mide entre 3 y 10 metros de altura. Sus hojas

son simples, grandes, de formas acorazonadas y dispuestas de manera alterna, de bordes lisos y con largos pecíolos. Las flores son hermafroditas y están dispuestas en ramilletes terminales, de colores blanco a rosado, según las variedades (Pérez, Cuen, & Becerra, 2003).

El fruto es una cápsula ovoide u ovoide- globosa, pardo-rojiza, puede tener espínulas sedosas (escasas o abundantes) o carecer de ellas, son de color naranja, verde, amarillo, rojo o poseer diferentes tonalidades entre éstos (Pérez et al., 2003). En su interior se encuentran las semillas grandes cubiertas de pelo algodonoso y arilo de variados colores (Aguirre, Merino, & Gutierrez, 2013).

### **Origen.**

Con el descubrimiento del "Nuevo Mundo ", los conquistadores españoles encontraron miles de nuevas plantas y productos derivados de plantas que se utilizaron en maya, civilizaciones Azteca, Maya, e Inca, entre otras. Una de ellas es el achiote *B. orellana* cuyo nombre se da en honor de Francisco de Orellana, un conquistador que fue el primer explorador del río Amazonas en 1541. Uno de los usos más antiguos de achiote es a partir de los aztecas, que utilizaron el extracto como tinte textil y el cuerpo, y para mejorar el sabor del cacao y el color de la bebidas cacahuete (Pineda, 2015).

Las consideraciones de Alejandro Humboldt, con respecto a los indígenas que habitaban tierras aledañas al Rio Orinoco, no usaban ninguna prenda de vestir, su único ropaje consistía en cubrirse todo el cuerpo con pintura extraída del achiote (Artica, 2012).

### **Distribución.**

*B. orellana* L., es un pequeño arbusto perenne nativo de Centro y Sur América. Hoy en día se ha introducido en otro lugar en zonas tropicales tales países como Ceilán India. También se produce en menor escala en Angola, Kenia, Nigeria, Tanzania y en los países del Pacífico, Filipinas y Hawaii (Najar, et al., 1988).

En el Ecuador se encuentra achiote principalmente en las provincias de Pichincha, Manabí, y Napo (Mera, 2007). Mientras que en la provincia de Loja en los cantones de Paltas y Macara, en la provincia de Zamora Chinchipe en la zona de Los Encuentros y alrededor de la cuenca del Jamboe.

### **Hábitat.**

Requiere un clima cálido y húmedo, con una temperatura media anual entre 20 ° C a 26 ° C y un lugar soleado hasta una altura de 2.000 m s.n.m., puede crecer en casi

todos los tipos de suelos, con preferencia por los suelos bien drenados, neutros y ligeramente alcalinos (Lim, 2015).

*B. orellana* L. se desarrolla en regiones cálidas, bajas y montañosas. (Sistema Nacional de Investigación y Transferecia Tecnologica para el Desarrollo Rural Sustentable (SNITT)., 2016).

### **Usos.**

El achiote tiene una amplia variedad de usos, que pueden beneficiar de manera directa al ser humano, ya sea en medicina, en la industria, en la gastronomía, maderables, entre otros (Narciso, 2012).

*B. orellana* tradicionalmente se le ha utilizado en la cocina para colorear las comidas. En la actualidad se le utiliza en la elaboración de alimentos para consumo humano y en la industria de cosméticos, cerámica tintorería, culinaria y barnices. Se usa en la preparación de enlatados como salsas, pescados, margarinas, aceites y embutidos (chorizos, salchichones) (Mera, 2007).

Según Mera (2007) es considerado un excelente arbusto para reforestar zonas rurales degradadas por la excesiva explotación agrícola y uso desmedido de los pesticidas.

### **Importancia económica.**

Debido a la globalización de la economía y a las nuevas tendencias de consumo, el Ecuador comienza con la producción orgánica de algunas especies, alentada por la creciente demanda de los mercados de la Unión Europea y Estados Unidos entre ellas destaca *B. orellana* (Balslev et al., 2008), el empleo principal de este producto es como colorante para cosméticos, cerámica, tintorería y culinaria. También da color a los productos lácteos, teniendo la característica de ser insípido, por lo que no altera el sabor de los alimentos (Mera, 2007).

## **1.4. Biogeografía**

La biogeografía es el estudio de la distribución geográfica de los seres vivos (Katinas & Crisci, 2009), últimamente esta ciencia ha permitido analizar cómo las especies han dado respuesta a los cambios ambientales generados a lo largo de la historia (Hurtado, 2007); es la descripción y el análisis de la distribución de los seres vivos en dimensión actual y el trascurso histórico (Zunino & Zullino, 2003).

### **Modelos de distribución.**

Los modelos de distribución de especies son una herramienta empírica, robusta, repetible y fácil de utilizar, que pueden ayudar a identificar potenciales zonas a conservar o restaurar (Morales, 2012); es básicamente una caracterización de las condiciones ambientales adecuadas para estas especies, que ayuda identificar donde están espacialmente ubicados los sitios que cumplen con los requisitos adecuados para las especies en estudio (Pearson et al., 2007).

Los modelos de distribución de especies son por tanto representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2011).

### **Modelos de distribución Potencial.**

Es el espacio donde podría estar presente la especie objeto de estudio en función de sus características ambientales, los modelos de distribución potencial se han desarrollado como una nueva herramienta que permite analizar objetivamente los patrones espaciales de presencia de organismos (Mateo et al., 2011).

### **Importancia de los modelos de distribución potencial.**

Los modelos de distribución de especies ayudan a determinar donde se encuentran las condiciones más adecuadas para que la especie prospere, en función de parámetros obtenidos, estos modelos han demostrado su utilidad en estudios que evalúan patrones de distribución de organismos como biogeográficos, ecológicos o de conservación (Villaseñor & Tellez, 2004).

Estos modelos se utilizan para una amplia variedad de aplicaciones ecológicas tales como la detección o la predicción de especies raras, evalúan las posibles consecuencias el cambio global sobre la distribución de las especies (Zimmermann & Breitenmoser, 2007).

### **Clasificación de modelos de distribución potencial.**

En la actualidad hay diferentes modelos de distribución de especies que utilizan datos y usan métodos diferentes para desarrollar las predicciones (Elith et al., 2008). Entre ellas encontramos las siguientes (Tabla 2):

**Tabla 2.** Métodos de distribución de especies

<b>Técnicas modelización de distribución de especies</b>	<b>Métodos de modelización de distribución de especies</b>	
<b>Técnicas discriminantes</b>	1. Árboles de clasificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CART– Classification and regression trees (Breiman et al., 1984).</li> <li>• Pléyade de técnicas derivadas como: Random forest (Breiman, 2001). BRT– Boosted regression tres (Friedman, 2001; Elith et al., 2008). MDA– Mixture discriminant analysis (Hastie &amp; Tibshirani, 1996).</li> </ul>
	2. Técnicas de ordenación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCA– Análisis de correspondencia canónica (Guisan et al., 1999).</li> </ul>
	3. Redes neuronales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANN– Assisted neural network, (Pearson et al., 2002; Venables &amp; Ripley, 2002)</li> </ul>
	4. MARS– Multivariate adaptive regression splines (Friedman, 1991).	
	5. Modelos lineales generalizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GLM–Generalized linear models (McCullagh &amp; Nelder, 1989).</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SVM–Support vector machines (Vapnik, 1995).</li> </ul>
	6. Modelos aditivos generalizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GRASP–Generalized regression analysis and spatial prediction (Lehmann et al., 2003).</li> <li>• GAM– Generalized additive models– (Hastie &amp; Tibshirani, 1986).</li> <li>• BRUTO (Hastie et al., 1994)</li> </ul>
	7. Regresión por cuantiles (Vaz et al., 2008).	
	8. Estadística bayesiana (Termansen et al., 2006; Latimer et al., 2009).	
9. Máxima entropía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MaxEnt (Phillips et al., 2006; Phillips &amp; Dudík, 2008).</li> </ul>	
<b>Técnicas descriptivas</b>	10. Deductivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opinión del experto</li> </ul>
	11. Envueltas geográficas o convex hull (Worton, 1995).	
	12. Envueltas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIOCLIM (Busby 1986, 1991).</li> <li>• ANUCLIM (Houlder et al., 1999).</li> <li>• BIOMAP (Nix and Switzer, 1991).</li> <li>• HABITAT (Walker &amp; Cocks, 1991).</li> <li>• FLORAMAP (Jones &amp; Gladkov, 1999).</li> </ul>
	13. Métodos de distancias matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DOMAIN (Walker &amp; Cocks, 1991; Carpenter et al., 1993).</li> <li>• Biomapper, ENFA, LIVES y MADIFA, (Hirzel et al., 2002; Calenge et al., 2008).</li> </ul>
<b>Técnicas mixtas</b>	14. EM– Expectation-Maximization Algorithm (Ward et al., 2008).	
	15. Desktop-GARP (Stockwell & Peters, 1999).	
	16. OM-GARP (Elith et al., 2006).	

Fuente: ( Burneo, 2015).

### 1.5. Sistemas de Información Geográfica.

La definición de los sistemas de información geográfica (SIG) ha ido desarrollándose constantemente, hoy la definición de SIG se basa principalmente en el concepto de

“sistema” como elemento integrador que engloba a un conjunto de componentes interrelacionados (Olaya, 2011).

Los Sistemas de Información Geográfica se emplean actualmente en la planificación de los usos del suelo, gestión de servicios, modelado de ecosistemas, valoración y planificación del paisaje, planificación del transporte y de las infraestructuras, marketing, análisis de impactos visuales, gestión de infraestructuras, asignación de impuestos, análisis de inmuebles y otras muchas (Almazan et al., 2009).

### **Aplicabilidad de SIG en los modelos de distribución potencial.**

Los Sistemas de información Geográfica permiten predecir la distribución de especies en lugares donde no se han realizado colectas, pueden ayudar a guiar las políticas públicas de conservación (Albarrán, 2005).

Los SIG proporcionan las herramientas que permiten medir fácilmente variables ambientales que están disponibles en formato digital para cualquier punto donde se ha examinado la distribución de una especie, las mismas que pueden probar estadísticamente como predictores potenciales de la distribución de una especie dada. Con los resultados de los modelos estadísticos y con la ayuda del SIG, se pueden generar mapas predictivos de la distribución de la especie, siempre y cuando se tengan mapas digitales de los predictores en el área de estudio (Rico et al., 2001). Además, los modelos de nicho ecológico son creados en un SIG o pueden ser desplegados en ellos para dar una representación visual de la cobertura ambiental y el hábitat potencial o la abundancia (Holcombe, Thomas J, & Jarnevich, 2007)

### **MaxEnt.**

Es un programa multiuso basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia de la distribución potencial de una especie (S. Phillips, Anderson, & Schapire, 2006).

Dentro de las diversas aplicaciones de MaxEnt se encuentran la priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica y restauración ecológica, modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, y la evaluación de patrones de propagación de especies invasivas (Morales, 2012). El uso de esta aplicación combinada con herramientas SIG ayuda en la generación de mapas de distribución actual y potencial de especies nativas, lo que resulta fundamental tanto para evaluar

el estado de conservación de las especies, como para evaluar potenciales sitios para desarrollar iniciativas de conservación y restauración (Morales, 2012).

Según Phillips *et al.* (2006): MaxEnt es un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución potencial más probable para una especie, sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincida con su media empírica. El resultado del modelo expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de las variables ambientales. Un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que esta presenta condiciones muy favorables para la presencia de la especie. MaxEnt puede utilizar variables cualitativas otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene.

En Chile, Zizka *et al.*, (2009) utilizaron Maxent para determinar las áreas de distribución y centros de diversidad de 27 especies de plantas monocotiledóneas, de las cuales 20 son endémicas del país. El objetivo principal fue utilizar esta información para determinar el estado de conservación de estas especies. Gracias a la información generada utilizando MaxEnt los autores pudieron reclasificar las especies usando la nomenclatura de la IUCN.

Otro ejemplo de las aplicaciones de MaxEnt en un proyecto desarrollado por la Pontificia Universidad Católica en donde se integró el producto de herramientas SIG vinculadas a información genética y la información generada por MaxEnt para evaluar el estado de conservación y priorizar sitios de restauración para dos especies de flora endémica de Chile central amenazadas (Morales, 2012).

**CAPITULO II.**

**MATERIALES Y MÉTODOS**



## 2.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en dos provincias del sur de Ecuador, Loja y Zamora-Chinchiipe (Figura 1). La provincia de Loja es atravesada por la cordillera de los Andes que da origen a una topografía muy irregular y es la causa de un difícil acceso, se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas  $03^{\circ} 19'56''$  y  $04^{\circ} 44'36''$  S y  $-79^{\circ} 04'28''$  y  $80^{\circ} 29'03''$  W. Las altitudes varían entre 700 y 3700 m s.n.m. La provincia de Loja muestra una considerable variedad de climas dentro de sus límites. En realidad, un clima tropical seco prevalece en la región oeste, mientras que la región central tiene un subtropical húmedo climático, y la región oriental es templado andino.

Loja cuenta con una superficie total de 10.793 km<sup>2</sup> y 400.000 habitantes (Tene et al., 2007). La provincia de Zamora-Chinchiipe se localiza entre las estribaciones de los Andes y la selva amazónica su vegetación es exuberante, debido a un clima variante que va de húmedo a semi-húmedo. La provincia se encuentra ubicada entre las siguientes coordenadas geográficas  $04^{\circ}04'09''$ S –  $78^{\circ} 57'24''$ W y comprende una superficie total de 16.559 km<sup>2</sup> y 60.000 habitantes (Tene et al., 2007).

El área de estudio está comprendida en las provincias de Loja y Zamora Chinchiipe en las localidades de Paltas, Jamboe, Los encuentros y Macara (Tabla 3) (Figura1):

**Tabla 3.** Área de estudio

Sector	Coordenadas UTM		Altitud (metros)	Orientación
	X	Y		
Jamboe (Zamora Chinchiipe)	729043	9538984	1026	Noreste
Los Encuentros (Zamora Chinchiipe)	760452	9583222	772	Noroeste
Lauro Guerrero (Paltas)	637293	9561301	1862	Sureste
Macara	616228	9515266	390	Este

Fuente: Autora

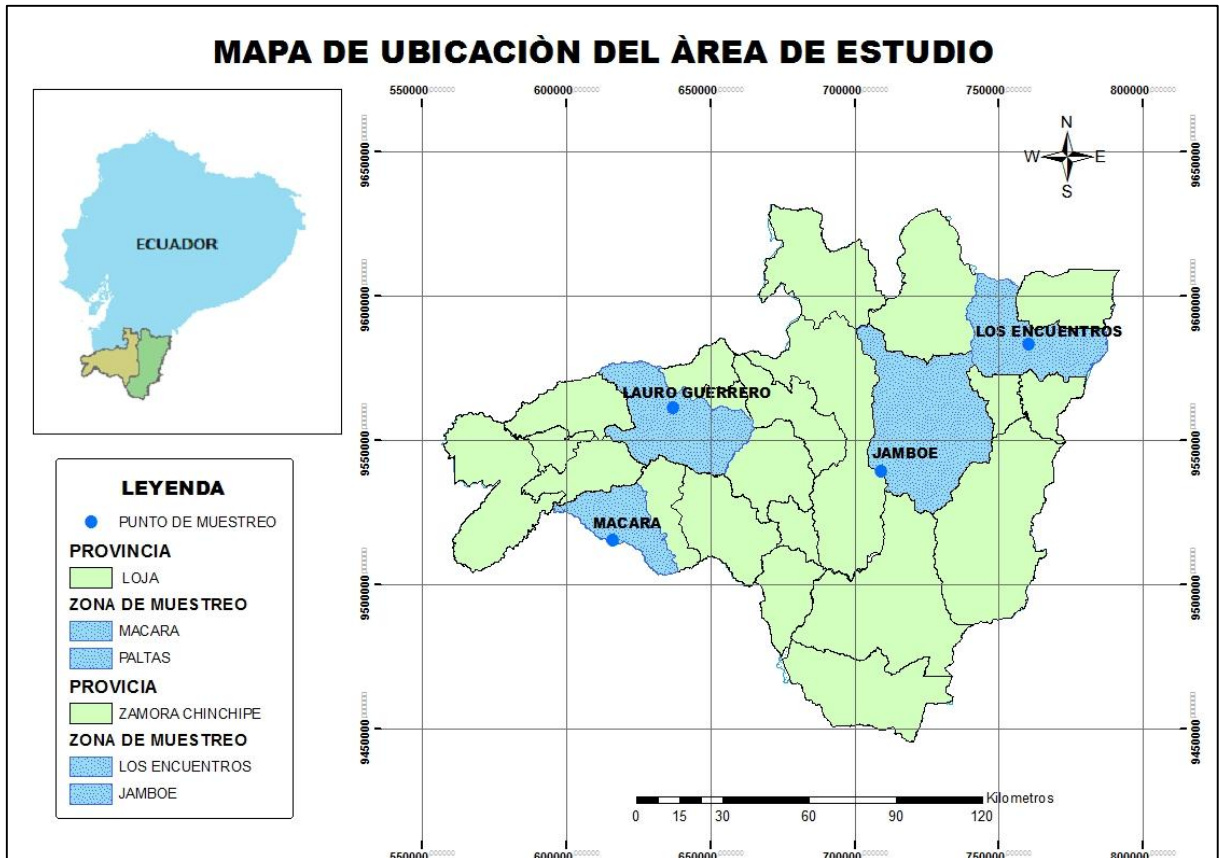


Figura 1. Área de estudio

## 2.2. Diseño y recolección de datos

La primera fase consistió en la recopilación y organización de información de artículos científicos, monografías, catálogos, visitas a herbarios y bases de datos de Trópicos (<http://www.tropicos.org/>) que contienen datos de presencia de la especie en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Anexo 1), a partir de esta información se elaboró una base de datos con información relevante en donde se incluyeron algunas zonas que nos permitió organizar y obtener una idea más clara acerca de la distribución actual espacial de la especie. De acuerdo a esta base de datos se procedió a elegir zonas con mayor número de ocurrencia de la especie y se elaboró un mapa de distribución geográfico actual (Figura 2).

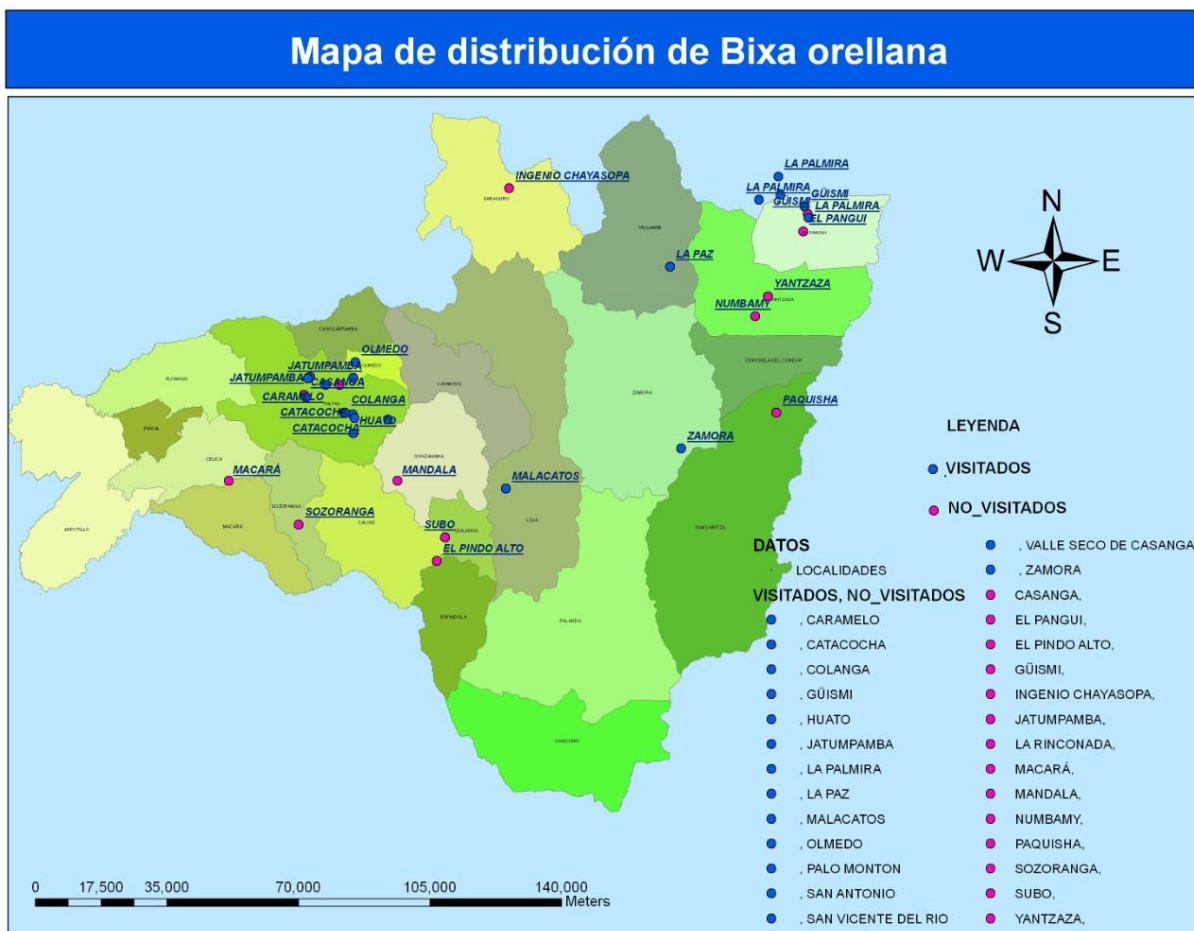


Figura 2. Distribución actual de *Bixa orellana* L.

Finalmente se realizó visitas in situ de la especie en campo y se realizó una base de datos de registro de *B. orellana* L. (Anexo 2).

Tabla 4. Matriz usada para la recopilación y organización de información, en función de las zonas, tomando en cuenta los datos de ubicación de las muestras recolectadas.

Provincia	Elevación	Datos de presencia		Comentarios
		Latitud	Longitud	
Jamboe				
Los Encuentros				
Lauro Guerrero				
Macara				

Fuente: Autora

### 2.3. Análisis de datos

Con los datos geográficos obtenidos en la visitas in situ se procedió a realizar el mapa de distribución geográfica con el programa ArGis, para analizar la distribución geográfica y

potencial de la especie en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe se utilizó la matriz usada para la recopilación y organización de información (Anexo 2).

Para el modelo de distribución potencial de *B. orellana* en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, se empleó el método de máxima entropía (MaxEnt), método de uso general para hacer predicciones o inferencias con información incompleta o que involucran juegos de datos de solo presencia (Phillips et al., 2006).

Con los datos de presencia de la especie en campo y un set de 19 variables bioclimáticas del worldclim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)) (Tabla 5), se realizó el modelo elaborado en MaxEnt (Versión 2.3; Phillips et al., 2006) (disponible online). MaxEnt adicionalmente, ha sido ubicado entre los métodos más eficientes para el modelamiento de la distribución de especies a partir de datos de solo presencia (Morejón, 2009).

**Tabla 5.** Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelamiento.

Factor	Código	Variable ambiental	Fuente
Clima	Bio1	Temperatura media anual	Worldclim
	Bio2	Rango de temperatura media mensual	Worldclim
	Bio3	Isotermalidad (Bio 2/Bio7) (*100)	Worldclim
	Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)	Worldclim
	Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	Worldclim
	Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	Worldclim
	Bio7	Rango anual de temperatura (Bio5-Bio6)	Worldclim
	Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo	Worldclim
	Bio9	Temperatura media del trimestre más seco	Worldclim
	Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido	Worldclim
	Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	Worldclim
	Bio12	Precipitación anual	Worldclim
	Bio13	Precipitación del mes más húmedo	Worldclim
	Bio14	Precipitación del mes más seco	Worldclim
	Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)	Worldclim
	Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	Worldclim
	Bio17	Precipitación del trimestre más seco	Worldclim
	Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	Worldclim
	Bio19	Precipitación del trimestre más frío	Worldclim

**Fuente:** Datos del programa Worldclim disponible en <http://www.worldclim.org/>

El modelo fue evaluado a través de la curva Operativa Característica del Receptor (ROC) calculando el área bajo la curva (AUC) (Fielding & Bell, 1997). Los valores de AUC fluctúan

de 0 a 1, donde 0.5 indica que el modelo no tiene poder predictivo, 1 significa una discriminación o un modelo perfecto, y los valores por debajo de 0.5 indican una relación mucho menor que la esperada al azar (Guisan et al., 2007). El análisis ROC generalmente es aceptado como un método estándar para evaluar la exactitud de los modelos de distribución predictiva y además permite conocer la aplicabilidad de los mismos (Elith *et al.*, 2006) y proporciona a través del AUC una medida simple del desempeño del modelo, independientemente de cualquier elección particular de un umbral (Phillips *et al.*, 2006). Se realizaron 10 repeticiones aleatorias de las localidades con presencia, cada partición se creó por selección aleatoria 17 del 75% de las localidades de presencia como datos de entrenamiento, con el 25% restante se evaluaron los modelos resultantes para cada especie. El modelo resultante fue proyectado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe para conocer la distribución geográfica potencial del achiote y determinar los lugares más idóneos para su ocurrencia.

Los mapas resultantes producidos en MaxEnt, muestran la distribución potencial de la especie, representados en una gradiente de colores para indicar la probabilidad de las condiciones adecuadas, en la cual: el color rojo indica una alta probabilidad (75%-100%), el azul indica las condiciones típicas de aquéllos lugares donde la especie se encuentra (50%-75%) y sombras más tenues como el celeste y blanco indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas(0%- 50%)(Phillips et al., 2006). A partir de esto se calculó el área de distribución potencial de la especies en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe con ayuda de los SIG proporcionan las herramientas que permiten capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

### **CAPITULO III.**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1. Modelo de Distribución Geográfica Potencial de *Bixa orellana*

#### *Distribución Potencial de Bixa orellana*

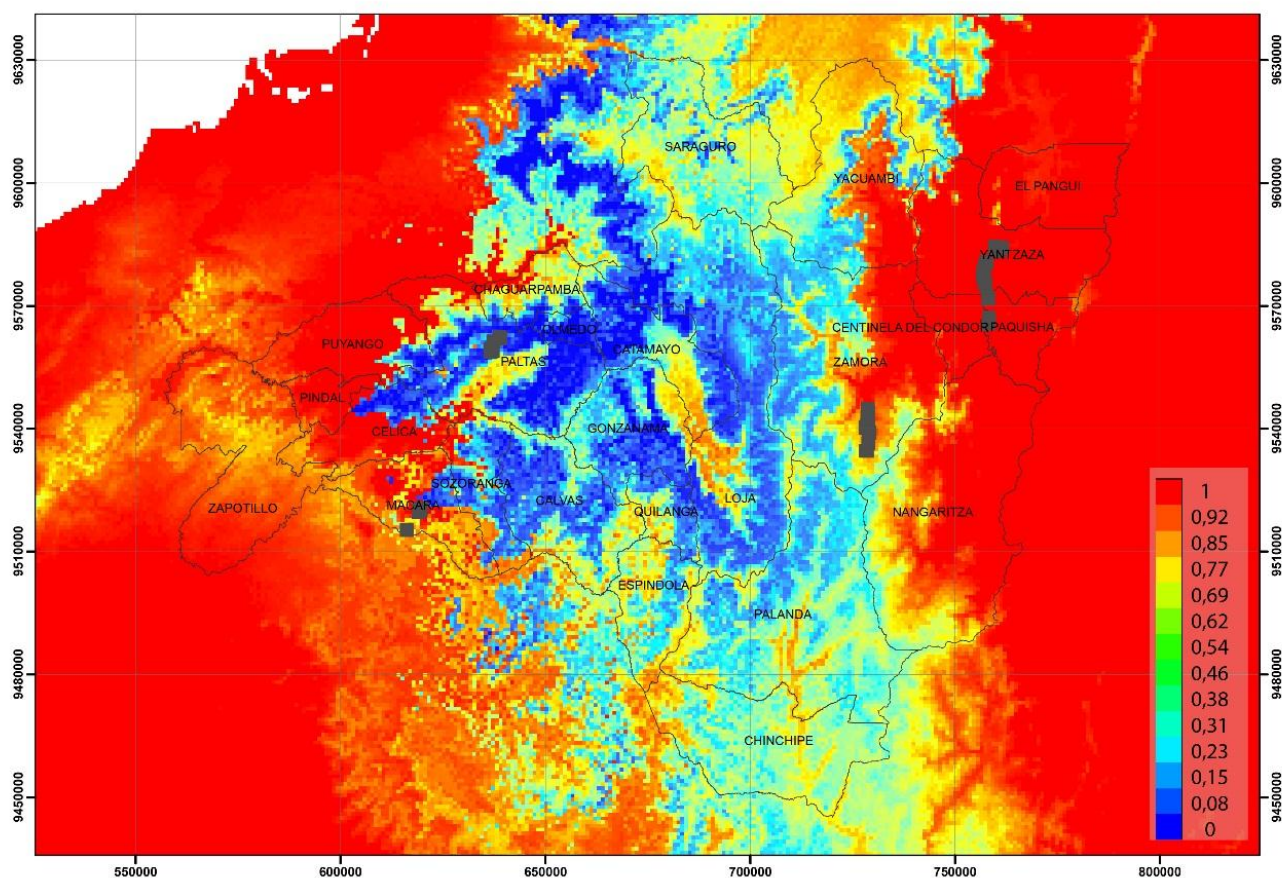


Figura 3. Distribución geográfica potencial de *Bixa orellana* L.

El modelo predictivo producido por MaxEnt muestra la distribución geográfica potencial de *B. orellana* en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe utilizando los registros de ocurrencia, datos tomados en el campo dentro del rango nativo de la especie. Elith et al., (2006), menciona que MaxEnt ha sido ubicado entre los métodos más eficientes para el modelamiento de la distribución de especies a partir de datos de solo presencia. Los colores más fríos (de azul a verde) corresponden a bajos valores de idoneidad de nicho para la especie mientras que los colores más cálidos (del rojo al amarillo) sugieren altos valores de idoneidad de nicho, es decir zonas donde las condiciones físico-ambientales favorecen a la adaptabilidad de la especie.

El modelo resultante indicó que la zona de mayor distribución potencial para esta especie se localizó en la zona de la región amazónica (Figura 3), específicamente en cantones de: Yacuambi, El Pangui, Yanzatza, Centinela del cóndor, Zamora, Nangarizta. Así mismo, se observó una predicción del nicho de esta especie en la provincia de Loja en las localidades

de los cantones de Zapotillo Puyango, Pindal, Macara, Paltas y Célica y cierta parte de Chaguarpamba.

La distribución altitudinal para esta especie es de 390 a 1862 m s.n.m., la distribución potencial de *B. orellana* muestra la presencia de la especie en un rango altitudinal hasta los 2000 m s.n.m. (Lim, 2011), siendo más abundantes en el bosque decíduo de tierras bajas en la provincia de Loja y en el Bosque húmedo tropical amazónico en la Provincia de Zamora Chinchipe usualmente entre los 100 a 2000 m s.n.m (Sierra, 1999).

### 3.2. Evaluación del modelo

#### 3.2.1. Analisis ROC (Receiver Operating Characteristics).

El modelo proyectado por MaxEnt (Figura 3), representa la precisión del modelo para *Bixa orellana* en el cual se obtuvo un valor de AUC de 0.998 y una desviación estándar de 0.5, según (Phillips et al., 2004); Pearson et al., 2008), el modelo generado por MaxEnt presenta un alta precisión cercana a (1) (Figura 4). Entre las variables que más contribuyeron al modelo son la Precipitación del trimestre más frío 37.9%, Temperatura media anual 27.7%, Rango anual de temperatura 7.3% (Tabla 6).

**Tabla 6.** Porcentaje de la contribución de las variables ambientales en el modelo de distribución de *B. orellana*.

Variable	Contribución (%)
Precipitación del trimestre más frío	37.2
Temperatura media anual	27.7
Rango anual de temperatura	7.3
Precipitación estacional	7.1
Precipitación anual	5.3
Isotermalidad	3.9
Precipitación del mes más húmedo	3.1
Temperatura mínima del mes más frío	2.3
Precipitación del mes más seco	2.3
Temperatura estacional	1.1
Precipitación del trimestre más húmedo	0.9
Temperatura media del trimestre más seco	0.8
Temperatura máxima del mes más cálido	0.5
Temperatura estacional	0.4

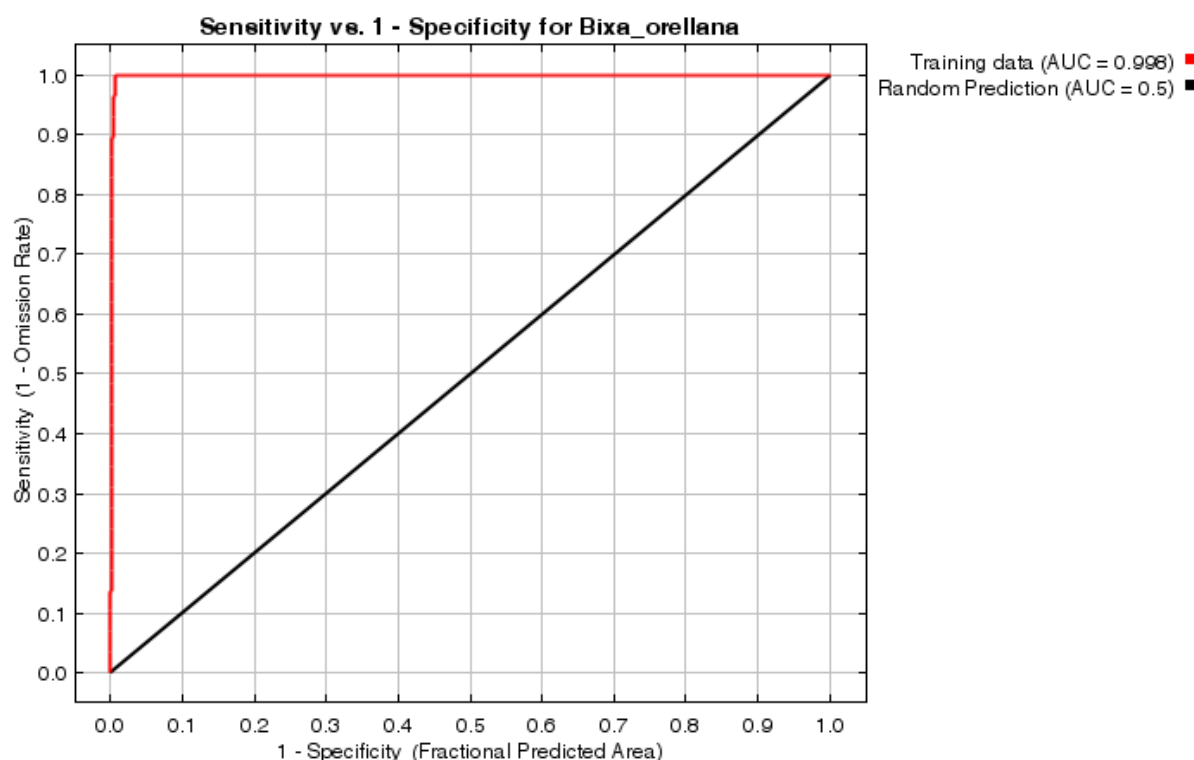
Fuente: Autora

Según las variables físico – ambientales que aportan al modelo muestran que la especie se restringe mayormente a la precipitación del trimestre más frío, temperatura anual, Rango anual de temperatura.



Coincidiendo con Rosenzweig, (1968), que menciona que la precipitación juega un papel significativo en la distribución de la biodiversidad sobre todo en plantas, por el hecho de que a mayor precipitación mayor disponibilidad de agua para el crecimiento de las mismas, mientras que Zacarias, (2009), indica que la distribución de la vegetación está influenciada por factores asociados altitud, precipitación y temperatura, además resalta que a medida que aumenta la altitud la temperatura media anual disminuye considerablemente, la precipitación también juega un papel importante ya que el aumento de lluvias o la falta de ellas ocasiona una disminución de la flora.

La temperatura se relaciona directamente en cuanto a incidencia de las especies y que es una variable clave para definir los límites distribucionales (Tsoar et al., 2007). Es así que en la presente investigación variables ambientales predictivas como precipitación del trimestre más frío restringe bastante el hábitat de *B. orellana*.



**Figura 4.** Curva de operación característica del receptor ROC para el modelo predictivo *B. orellana* L.

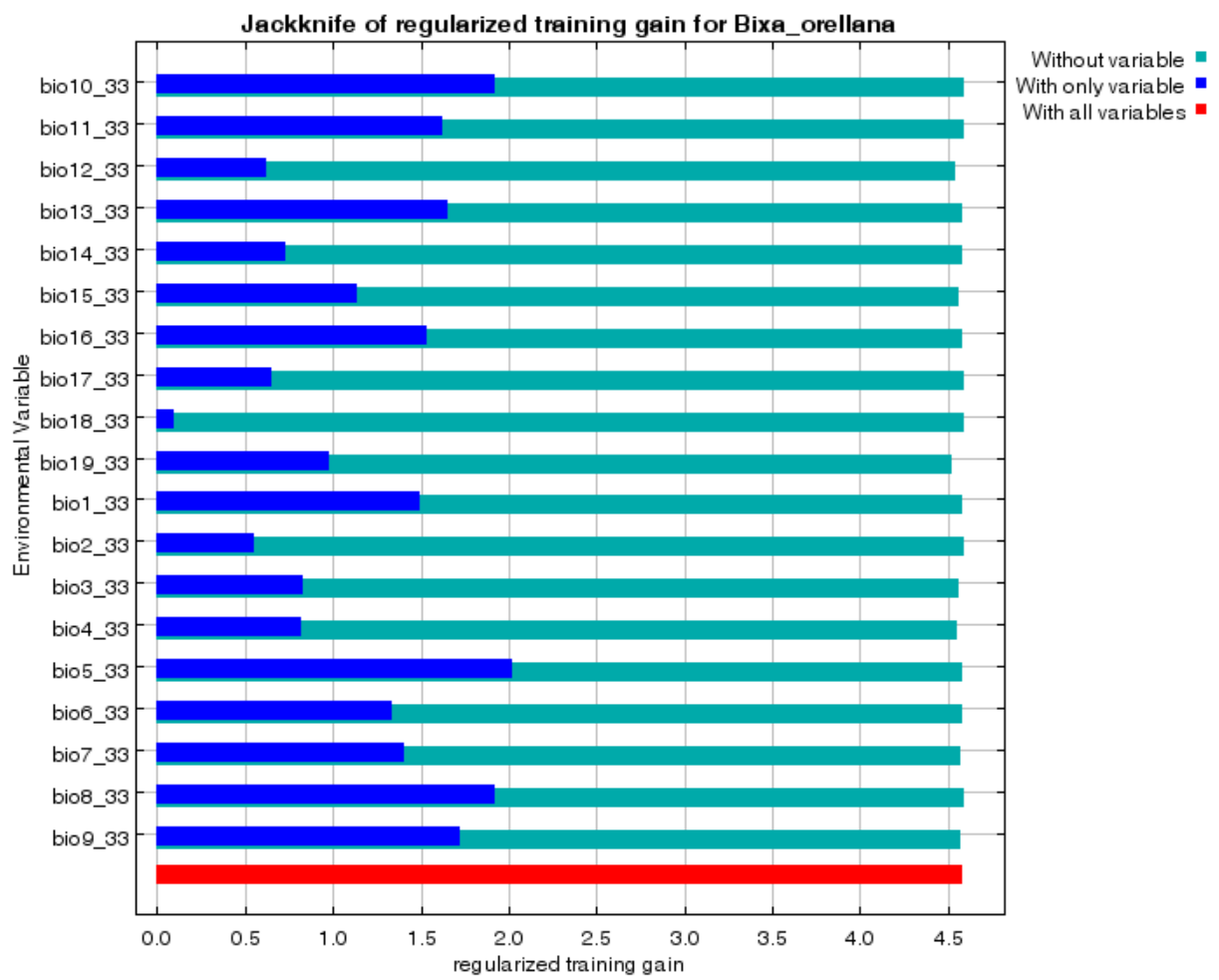
Según los valores obtenidos, el modelo predicho por MaxEnt es muy significativo (Elith et al., 2006) por lo cual tomando en cuenta las aplicaciones de un modelo según su uso potencial, señalados por (Mateo et al., 2011; Palmas et al., 2013), el modelo de distribución potencial para *B. orellana*, es bastante útil para realizar futuras investigaciones, restauración de hábitat, monitoreo, manejo, cultivo y planes de aprovechamiento.

Como lo menciona Robertson & Zweig, (1981), la sensibilidad es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo cuyo estado real sea el definido como positivo respecto a la condición que estudia la prueba, razón por la que también es denominada fracción de verdaderos positivos (FVP). La especificidad es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo cuyo estado real sea el definido como negativo. Es igual al resultado de restar a uno la fracción de falsos positivos (FFP).

### **3.2.2. Prueba Jacknife para el modelo de predictivo de *Bixa orellana*.**

Con la utilización del análisis Jacknife en MaxEnt, mostró mediante barras de color azul que la temperatura máxima del mes más cálido, es la variable ambiental con mayor ganancia en el modelo cuando se analiza aisladamente, por lo tanto, parecen tener la información más útil por sí mismas (Figura 5).

Esta diferencia es mínima con temperatura media del trimestre más cálido, temperatura media del trimestre más húmedo, temperatura media del trimestre más seco, precipitación del mes más húmedo, temperatura media del trimestre más frío y precipitación del trimestre más húmedo.



**Figura 5.** Analisis de contribución de las variables ambientales (de manera aislada), en el modelo de distribución potencial de *B. orellana* L.

## CONCLUSIONES

- La especie *Bixa orellana* se distribuye potencialmente en las provincias de Loja un rango altitudinal de 390 a 1862 m s.n.m.
- La especie *Bixa orellana* se distribuye potencialmente en la provincia de Zamora Chinchipe a un rango altitudinal de 772 a 1360 m s.n.m.
- El análisis ROC, representado por la curva AUC corroboraron la excelencia y aplicabilidad del modelo proyectado por MaxEnt.
- La interpretación elaborada a partir de los análisis hechos en el índice de Jackknife muestra que la temperatura máxima del mes más cálido, es la variable ambiental con más ganancia en el modelo, Esta diferencia es mínima con temperatura media del trimestre más cálido, temperatura media del trimestre más húmedo, temperatura media del trimestre más seco, precipitación del mes más húmedo, temperatura media del trimestre más frío y precipitación del trimestre más húmedo.
- Los mapas resultantes de la distribución potencial pueden usarse como base para proponer trabajos de campo en estos sitios específicos (alta probabilidad) de prioridad para la conservación donde no exista evidencia directa de su existencia.

## RECOMENDACIONES

- Validar la información con registros de presencia de especies de fuentes confiables de tal manera que proporcione información útil para la construcción del modelo y aumente su poder predictivo.
- Para los modelos de distribución potencial es importante que no existan errores de identificación ni información sesgada (muestreo en lugares de fácil acceso) debido a que estos modelos están limitados la información disponible.
- Es importante para trabajar en MaxEnt y en sistemas de información geográfica (SIG) registrar los puntos de ocurrencia en el mismo formato de coordenadas geográficas y que las capas tengan la misma proyección geográfica.
- A la hora de seleccionar las variables es muy importante tener en cuenta la escala espacial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguirre, Z., Merino, B., & Gutierrez, M. (2013). Principales Familias de arboles arbustos y hierbas del sur del Ecuador, 1–112.
- Albarrán, I. (2005). Aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumento para predecir la distribución potencial de algunas especies de aves en las Áreas de Importancia. *Www-Cpsv.Upc.Es*, 1–11. Retrieved from [http://www-cpsv.upc.es/tesines/resumsig\\_icalixto.pdf](http://www-cpsv.upc.es/tesines/resumsig_icalixto.pdf)
- Almazan, J., Carmen, P., & Marquez, H. (2009). Sistemas de Información Geográfica en la Litoral Gestión Integral del Litoral. Universidad Politecnica de Madrid.
- Artica, E. (2012). Bixa orellana, Achiote, 13.
- Balslev, H., Navarrete, H., Torre, L. De, & Macía, M. J. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA & Herbario aau.Quito & Aarhus.
- Burneo, M. (2015). Patrones de Distribución Potencial e identificación de Áreas prioritarias para la conservación de Briofitos en Ecuador. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Burneo, S. (1997). Megadiversidad, 3.
- Cerón, C., & Montalvo, C. (1998). Etnobotánica del los Huaorani de Quehueiri-Ono Napo-Ecuador.
- Chuindra, H. (2014). Distribución potencial y usos de la Oenocarpus batana Mart. (Ungurahua) en la provincia de Zamora Chinchipe\_Ecuador. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- De la Torre, L., Muriel, P., & Balslev, H. (2006). Etnobotánica en los Andes del Ecuador. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, (July), 247–267.
- Elith, J., Leathwick, J. R., & Hastie, T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, (MI), 802–813. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x>
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38–49.
- Gonzales, A. (1992). Colección y mantenimiento de germoplasma de achiote (Bixa orellana L.) en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, pp. 49–63.
- Guisan, A., Graham, C. H., Elith, J., Huettmann, F., Dudik, M., Ferrier, S., ... Zimmermann, N. E. (2007). Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13(3), 332–340. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00342.x>
- Hernández, T., & Tito, A. (1988). Sistemas de Producción de Achiote en la amazonía

peruana. *Cordehuanuco, Tingo María-Perú*, 29p.

- Holcombe, T., Thomas J, S., & Jarnevich, C. (2007). Invasive Species Management and Research Using Gis. *Environmental Indicators and Impact Assessment Commons*, 108–114. Retrieved from <http://digitalcommons.unl.edu/nwrcinvasive/18>
- Hurtado, C. (2007). Distribución potencial de *Aniba perutilis* Hemsley en el departamento del Valle del. Fundación Universitaria de Popayán.
- Jaramillo, G. (2014). Desarrollo de la Fase de Análisis y Diagnóstico del Sistema Ambiental del PDyOT de la provincia de Loja, utilizando herramientas SIG. Universidad San Francisco de Quito.
- Katinas, L., & Crisci, J. V. (2009). Darwin y la Biogeografía, 19, 30–35.
- Lim, T. K. (2015). Edible Medicinal and Non Medicinal Plants (Vol. 1). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1>
- Lugardo, S. (2010). Efecto de *Bixa orellana*, 16 especias y 21 chiles utilizados en la comida tradicional Mexicana sobre la glucosilacion no enzimática de proteínas in vitro. Instituto Politecnico Nacional.
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mera, A. (2007). Proyecto de factibilidad para la producción y exportación de achiote al mercado japonés periodo 2006-2015. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Mittermeier, R. A., & Goettsch, C. M. (1997). Los países biológicamente más ricos del mundo. *Cemex, Ciudad de México*.
- Morales, N. (2012). Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. *Revista Conservación Ambiental*, 2(1), 1–3.
- Morejón, F. (2009). Predicción de la distribución geográfica potencial de de la especie invasora Rana Toro Americana (*Lithobates catesbeianus*) en Ecuador. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Najar, S. V., Bobbio, F. O., & Bobbio, P. A. (1988). Effects of light, air, anti-oxidants and pro-oxidants on annatto extracts (*Bixa orellana*). *Food Chemistry*, 29(4), 283–289. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(88\)90043-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(88)90043-X)
- Narciso, L. (2012). Manual para la producción del achiote (*Bixa orellana* L.).
- Nualart, N., & Font, X. (2005). Modelización de la distribución potencial en Cataluña de 6 especies Pirenaicas. *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 141–2(January), 163–167.
- Olaya, V. (2011). Sistemas de Información Geografica (Versión 1.).
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Townsend Peterson, A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case

- using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102–117.
- Pérez, S., Cuen, M., & Becerra, R. (2003). El Achiote., 7–11.
  - Peterson, A. T. (2001). Predicting Species'Geographic Distributions Based on Ecological Niche Modeling. *The Condor*, 103(3), 599–605.
  - Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259. <https://doi.org/doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
  - Phillips, S. J., Avenue, P., & Park, F. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling, 655–662.
  - Pineda, E. N. (2015). Preparation and Radioprotective effects of a standardized Tocotrienol containing extract isolated from Annato seeds ( *Bixa Orellana L .*). Universidad Tecnica Particular de Loja. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1683/1/T-SENESCYT-00800.pdf>
  - PNUD. (1992). *Informe Humano 1992*. (T. M. Editores, Ed.). Bogota-Colombia.
  - Primack, R., Rozzi, R., Massardo, F., Feinsinger, P., Primack, R., Rozzi, R., ... Massardo, F. (2001). Destrucción y degradación del habitat. En: R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). *Fundamentos de Conservación Biológica Perspectivas Latinoamericanas*. Primera edición. Fondo de Cultura Económica. México, DF México.
  - Rico-Alcázar, L., Martínez, J., Moran, S., Navarro, J., & Rico, D. (2001). Preferencias De Hábitat Del Águila-Azor ( E De España ) a Dos Escalas Espaciales. *Ardeola*, 48(1), 55–62.
  - Robertson, E. A., & Zweig, M. H. (1981). Use of receiver operating characteristic curves to evaluate the clinical performance of analytical systems. *Clinical Chemistry*, 27(9), 1569–1574.
  - Rosenzweig, M. L. (1968). Net primary productivity of terrestrial communities: prediction from climatological data. *American Naturalist*, 67–74.
  - Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAAN/ GEF-BIRF y Ecociencia. Quito, Ecuador.
  - Sistema Naional de Investigación y Transfrenca Tecnologica para el Desarrllo Rural Sustentable (SNITT). (2016). Agenda Nacional De Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnologia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1, 198. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
  - Tene, V., Vita, P., Vidari, G., Armijos, C., Malagón, O., & Zaragoza, T. (2007). An



- ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipe , Ecuador, (Noviembre), 21. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.032>
- Tsoar, A., Allouche, O., Steinitz, O., Rotem, D., & Kadmon, R. (2007). A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distributions*, 13(4), 397–405. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00346.x>
  - Valencia, R. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
  - Varea, A., Suárez, L., Chávez, G., Cordero, M., Alvarez, N., Fuentes, F. E., ... Carrión, P. (1997). *Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad*. (Abya-Yala). Quito Ecuador.
  - Véliz, F. (2010). *Determinación del incremento anual (IMA) e índice de sitio de diferentes especies forestales en el Bosque Protector Prosperina- ESPOL*. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>
  - Vera, A. (2013). Caracterización de habitat y distribución geográfica de *Hedyosmum scabrum* (Ruiz y Pav.) Sol en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe. Universidad Técnica Particular de Loja.
  - Villaseñor, J., & Tellez, O. (2004). Distribución potencial de las especies del género *Jefea* ( Asteraceae ) en México, 75(2), 205–220.
  - Zacarias, Y. (2009). Composición y Estructura del Bosque Templado de Santa Catarina Ixtepeji , Oaxaca , a lo largo de un Gradiente Altitudinal. Instituto Politecnico Nacional.
  - Zimmermann, F., & Breitenmoser, U. (2007). Potential distribution and population size of the Eurasian lynx *Lynx lynx* in the Jura Mountains and possible corridors to adjacent ranges., 406–416.
  - Zizka, G., Schmidt, M., Schulte, K., Novoa, P., Pinto, R., & König, K. (2009). Chilean Bromeliaceae: Diversity, distribution and evaluation of conservation status. *Biodiversity and Conservation*, 18(9), 2449–2471. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9601-y>
  - Zunino, M., & Zullino, A. (2003). *Biogeografía* : La dimensión espacial de la evolución (Primera ed). Mexico.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Base de Datos Herbario Reinaldo Espinoza

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	PROVINCIA	CANTÓN	BARRIO	ALTITUD	COORDENADAS	
							LONGITUD	LATITUD
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	La Rinconada	1100 msnm.	646173	440402
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas		1200 msnm.	9551713	649613
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Jatumpamba		9561302	637706
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Jatumpamba	2000 msnm	9561642	638441
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Jatumpamba (huerta)	2000 msnm	9561454	637848
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Olmedo		1275 msnm	9565688	650392
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Jatumpamba (huerta)	2000 msnm	637848	438546
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas			9550813	650203
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Cumaratza		1000 msnm	9542592	737266
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Loja		1700 msnm	9531871	690536
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	Guismi(finca San Antonio)		9607166	770119
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	Guismi(finca San Antonio)		766787	766787
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	La Palmira		9604151	771189
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	La Palmira		9610108	764083
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	La Palmira		9614962	763485
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	La Palmira		9608910	757974
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yacuambi	La Paz	890 msnm	9591093	734202
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza	Comunidad Shuar La Alfonsina	787 msnm	9600512	769712
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Paquisha			762588	447761

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	PROVINCIA	CANTON	BARRIO	ALTITUD	COORDENADAS	
							LONGITUD	LATITUD
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas		1254msnm	9556948	636790
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Carmelo		9559604	642468
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Palo Montón		9552194	647470
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón paltas	Colanga		9552246	647717
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	prov. Loja	Cantón Paltas	Huato		9546693	649853
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	San Vicente del Rio		9550362	659108
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	San Antonio		9561435	649878
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón paltas	Valle seco de Casanga		9556233	637299
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Quilanga	El Subo(Finca Antonio Luzuriaga	1225msnm	9518965	674306
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	prov. Loja	Cantón Quilanga	Pindo Alto		9512653	672093
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Saraguro	Ingenio Chayasopa	1372msnm	9612030	691435
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Saraguro	Ingenio Chayasopa	1171msnm	9612029	691435
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Numbamy	Numbamy	840msnm	9577881	756897
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Paltas	Rinconada		9559598	646173
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Panguí	Güismi		9605136	770946
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Macara	Mándala		9534048	661673
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Yanzatza			9583191	760421
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Loja	Cantón Sozoranga			9522393	635383
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote	Prov. Zamora Chinchipe	Cantón Zamora	Pituca		95422592	728683

Anexo 2. Datos obtenidos de campo

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observaciones
							Hierba	Arbusto	Árbol	Vegetativo	Flores	Fruto	
La Pituca	04°07'58.7" S 078°56'23.9" O	1026	NE	Franco Arenoso		X			X			X	
La Pituca	04°07'58.4" S 078°56'23.4" O	1025	NE	Franco Arenoso		X			X			X	Traído de Machala
La Pituca	04°07'49.0" S 078°56'19.7" O	1037	N	Franco Arcilloso		X	X		X			X	
La Sakatza	04°07'25.3" S 078°56'19.2" O	1013	E	Franco Arcilloso		X	X					X	
La Sakatza	04°06'56.3" S 078°56'25.9" O	984	S	Franco Arcilloso		X	X		X		X	X	
La Sakatza	04°06'56.2" S 078°56'24.8" O	990	S	Franco Arcilloso		X	X		X			X	
La Sakatza	04°06'56.3" S 078°56'24.6" O	997	SE	Franco Arcilloso		X	X		X			X	
La Sakatza	04°06'57.5" S 078°56'24.6" O	998	SE	Franco Arcilloso		X	X		X			X	
La Pituca	04°08'01.3" S 078°56'26.0" O	1026	N	Rocoso		X	X		X		X	X	
La Pituca	04°07'57.5" S 078°56'29.1" O	1038	N	Franco Arenoso		X	X					X	
La Pituca	04°07'57.8" S 078°56'28.8" O	1037	N	Franco Arenoso		X	X					X	
Numbami NCI	04°10'05.4" S 078°56'12.0" O	1197	E	Franco Arenoso		X	X				X	X	NCI
Numbami NCI	04°10'05.6" S 078°56'11.8" O	1198	E	Franco Arenoso		X	X				X	X	NCI
Numbami NCI	04°10'06.1" S 078°56'12.3" O	1196	E	Franco Arcilloso		X	X					X	Cápsula Roja NCI
Numbami NCI	04°10'06.5" S 078°56'12.3" O	1193	NE	Franco Arcilloso		X	X				X	X	NCI
Numbami NCI	04°10'06.6" S 078°56'11.8" O	1193	NE	Franco Arcilloso		X	X				X	X	Cápsula Verde
Numbami NCI	04°10'07.0" S 078°56'12.2" O	1193	NE	Franco Arcilloso		X	X					X	Cápsula Café
Numbami NCI	04°10'06.9" S 078°56'12.3" O	1197	E	Franco Arcilloso		X	X				X	X	Cápsula Verde

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observaciones
							Hierba	Arbusto	Árbol	Vegetativo	Flores	Fruto	
Numbami NCI	04°10'07.3" S 078°56'12.2" O	1198	E	Franco Arcilloso		X	X				X	X	
Numbami NCI	04°10'07.8" S 078°56'12.2" O	1199	N	Franco Arcilloso		X	X				X	X	
Numbami	04°09'25.4" S 078°56'43.9" O	1143	E	Franco Arenoso		X			X			X	
Numbami	04°09'22.5" S 078°56'44.1" O	1138	E	Franco Arenoso		X	X					X	
Numbami	04°09'06.7" S 078°56'31.0" O	1109	E	Franco Arenoso		X	X					X	
Numbami	04°08'50.9" S 078°56'20.8" O	1113	N	Franco Arenoso		X			X			X	
Numbami	04°08'50.0" S 078°56'20.6" O	1116	N	Franco Arenoso		X	X		X			X	
Romerillo B	04°11'17.4" S 078°56'17.9" O	1281	N	Franco Arenoso		X			X			X	Cápsula Verde
Romerillo B	04°11'33.1" S 078°56'22.7" O	1316	NE	Franco Arenoso		X	X					X	
Romerillo A	04°12'27.5" S 078°56'31.5" O	1357	N	Franco Arcilloso		X			X		X	X	
Romerillo A	04°12'27.8" S 078°56'38.6" O	1358	N	Franco Arcilloso		X			X		X	X	
Romerillo A	04°12'28.4" S 078°56'32.4" O	1360	NE	Franco Arenoso		X			X		X	X	

Continuación Anexo 2.

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observación
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativo	Flores	Fruto	
Los Encuentros	03°46'03.7" S 078°39'18.8" O	772	NO	Franco Arenoso		X	X	X			X	X	
Los Encuentros	03°46'02.8" S 078°39'17.0" O	806	NO	Franco Arenoso		X	X		X		X	X	
Paquisha	03°55'37.5" S 078°40'29.7" O	830	O	Franco Arenoso		X	X	X			X	X	
Paquisha	03°54'48.2" S 078°40'27.3" O	827	O	Franco Arcilloso		X	X		X		X	X	
Bellavista	03°52'13.3" S 078°40'37.9" O	847	O	Arcilloso		X	X		X		X	X	
Bellavista	03°52'12.9" S 078°40'37.4" O	849	O	Arenoso		X	X		X		X	X	
Bellavista	03°52'14.8" S 078°40'34.4" O	845	O	Franco Arenoso		X	X	X			X	X	Abundante materia orgánica en el suelo
Bellavista	03°50'28.4" S 078°40'58.3" O	835	O	Franco Arcilloso		X	X	X			X	X	
Río Canchi	03°50'02.7" S 078°41'04.3" O	829	O	Arcilloso		X	X	X	X		X	X	
Río Canchi	03°50'03.2" S 078°41'05.1" O	828	O	Arcilloso		X	X	X			X	X	
Río Canchi	03°50'03.3" S 078°41'05.3" O	827	O	Arcilloso		X	X	X			X	X	
Río Canchi	03°50'02.1" S 078°41'04.6" O	826	O	Arcilloso		X	X				X	X	
Río Canchi	03°50'01.9" S 078°41'05.0" O	826	O	Arcilloso		X	X	X	X		X	X	
Camino entre Paquisha y los Encuentros	03°49'20.6" S 078°41'19.7" O	860	O	Arcillo-Arenoso		X	X		X		X	X	
Camino entre Paquisha y los Encuentros	03°49'20.8" S 078°41'19.9" O	861	O	Arcillo-Arenoso		X			X		X	X	

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metro)	Orientación	Tipo de suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			observación
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativo	Flores	Fruto	
Camino entre Paquisha y los Encuentros	03°49'20.7" S 078°41'20.3" O	854	O	Franco Rocoso		X	X	X	X		X	X	
Camino entre Paquisha y los Encuentros	03°49'10.8" S 078°41'17.0" O	862	O	Arenoso		X	X				X	X	
Camino entre Paquisha y los Encuentros	03°49'10.5" S 078°41'17.1" O	847	O	Arenoso		X	X				X	X	
La Merced	03°49'05.7" S 078°41'15.9" O	843	O	Arenoso		X	X	X			X	X	
La Merced	03°48'57.0" S 078°41'12.6" O	842	O	Arcilloso		X	X	X	X		X	X	
La Merced	03°48'37.0" S 078°41'07.0" O	820	O	Pedregoso		X	X	X	X		X	X	
La Merced	03°48'36.4" S 078°41'05.4" O	824	O	Franco Arcilloso		X	X		X		X	X	
La Merced	03°47'46.0" S 078°41'01.2" O	830	O	Arcilloso		X	X		X		X	X	Cápsula Verde
La Merced	03°47'44.9" S 078°41'00.9" O	831	O	Franco Arcilloso		X	X	X			X	X	Cápsula Verde
La Merced	03°47'44.6" S 078°41'00.8" O	826	O	Franco Arcilloso		X	X	X			X	X	
Anancay	03°47'20.4" S 078°40'46.8" O	867	O	Franco Limoso		X	X		X		X	X	Cápsula Verde
Los Encuentros	03°45'38.1" S 078°38'42.9" O	800	O	Arenoso		X	X		X		X	X	Tanto el fruto como las raíces y el tronco eran bancos "albinos"
Los Encuentros	03°45'34.0" S 078°38'45.8" O	794	O	Arcilloso		X		X			X	X	
Los Encuentros	03°45'32.7" S 078°38'48.9" O	795	O	Limoso		X	X		X		X	X	
Los Encuentros	03°45'22.5" S 078°39'45.2" O	791	O	Franco Arcilloso		X	X				X	X	



**Continuación Anexo 2.**

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observación
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativ	Flora	Fruto	
Barrio Santa Cecilia	03°57'40" S 079°44'55" O	1740	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'54" O	1757	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'54" O	1766	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'54" O	1774	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'55" O	1777	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'55" O	1759	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'34" S 079°44'54" O	1765	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Barrio Santa Cecilia	03°57'33" S 079°44'56" O	1780	SE	Franco Arcilloso		X		X	X	Indeterminado			
Barrio Santa Cecilia	03°57'33" S 079°44'56" O	1783	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Lauro Guerrero	03°58'5" S 079°45'48" O	1862	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
Suanamá	03°59'8" S 079°46'11" O	1566	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'10" S 079°46'10" O	1530	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'10" S 079°46'10" O	1540	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	Cápsula verde - Flor Blanca
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'10" S 079°46'10" O	1533	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'23" S 079°45'50" O	1431	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	Cápsula verde - Flor Blanca

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observación
							Hierba	Arbustos	Árboles	Vegetativ	Flora	Fruto	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'23" S 079°45'57" O	1409	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'57" O	1414	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'57" O	1406	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'56" O	1413	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°45'57" O	1409	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°45'57" O	1401	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'57" O	1408	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'58" O	1411	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°45'58" O	1407	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'24" S 079°45'58" O	1374	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'27" S 079°46'8" O	1360	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'27" S 079°46'8" O	1364	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°46'5" O	1400	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°46'5" O	1398	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	
San Francisco (Pueblo Nuevo)	03°59'25" S 079°46'5" O	1388	SE	Franco Arcilloso		X		X	X		X	X	

**Continuación Anexo 2.**

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observaciones
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativ	Post - Flora	Fruto	
Macará	04°23'05.4" S 079°57'09.4" O	390	Este	Orgánico		X			X				Estado Fenológico Indeterminado
Macará	04°23'03.8" S 079°57'09.2" O	405	Este	Orgánico		X			X				Estado Fenológico Indeterminado
La Mandalá	04°23'05.6" S 079°57'09.4" O	764	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'14.5" S 079°55'22.9" O	766	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'13.9" S 079°55'22.5" O	777	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'13.7" S 079°55'22.7" O	779	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'15.9" S 079°55'24.7" O	768	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'17.0" S 079°55'24.9" O	762	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'17.2" S 079°55'24.6" O	762	Este	Orgánico		X			X			X	
La Mandalá	04°20'19.1" S 079°55'19.4" O	815	Este	Orgánico		X			X			X	
Piedratabla	04°20'28.2" S 079°55'26.9" O	746	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico			Observaciones
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativo	Post - Flora	Fruto	
Piedratabla	04°20'28.0" S 079°55'27.0" O	747	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'28.0" S 079°55'27.1" O	746	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'28.0" S 079°55'27.0" O	745	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'28.0" S 079°55'27.2" O	744	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'28.8" S 079°55'27.4" O	732	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.7" S 079°55'32.5" O	710	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.6" S 079°55'32.6" O	706	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.5" S 079°55'32.5" O	706	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.7" S 079°55'32.7" O	704	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.2" S 079°55'32.6" O	709	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.2" S 079°55'32.6" O	710	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	
Piedratabla	04°20'33.9" S 079°55'32.2" O	708	Este	Franco Arcilloso		X			X			X	

Lugar	Coordenadas GPS	Altitud (metros)	Orientación	Tipo de Suelo	Población Natural	Cultivo	Fitosociología (Asociada con)			Estado Fisiológico		
							Hierbas	Arbustos	Árboles	Vegetativo	Post - Flora	Fruto
Piedratabla	04°20'33.9" S 079°55'32.2" O	705	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'32.7" S 079°55'31.9" O	709	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'32.7" S 079°55'31.9" O	714	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'32.7" S 079°55'31.9" O	714	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'36.6" S 079°55'32.5" O	686	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'37.4" S 079°55'34.4" O	662	Este	Franco Arcilloso		X			X			X
Piedratabla	04°20'40.0" S 079°55'36.6" O	657	Este	Franco Arcilloso		X			X			X

**Anexo 3.** *Bixa orellana* L. en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe.

**Imagen 2.** Fruto de *B. orellana* L.



**Imagen 1.** Planta de *B. orellana* L. en etapa de fructificación



**Imagen 3.** *B. orellana* L.



**Imagen 4.** Fruto de *B. orellana* L.

