UNIVERSIDAD NACIONAL SISTEMA
DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO INTERNACIONAL EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE

Maestría en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA REFORESTACIÓN CON ESPECIES VEGETALES DE IMPORTANCIA PARA EL OSO ANDINO EN LA PROVINCIA DE IMBABURA, ECUADOR.

Por

ESTEFANIA ANDREA ROSERO AYMARA

Comité de Tesis:

Tutora: PhD Mónica Retamosa

Asesor: M. Sc Andrés Laguna

Asesor: M. Sc Joel Saenz

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Posgrado de la Universidad Nacional, para optar al título de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

Versión 3

Heredia, Costa Rica

2024

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. Randall Gutiérrez Vargas /Dra. Damaris Castro García /Dr. Jorge Herrera Murillo/ Dr. José Vega Baudrit /Dr. Greivin Rodríguez Calderón/ Dra. Rocío Castillo Cedeño

Representante del Consejo Central de Posgrado

M.Sc. Jose Pablo Carvajal Sánchez

Coordinador del posgrado o su representante

PhD Mónica Retamosa

Tutor de tesis

M. Sc. Andrés Laguna

Miembro del Comité Asesor

M. Sc. Joel Saenz

Miembro del Comité Asesor

Ing. Estefania Andrea Rosero Aymara

Sustentante

RESUMEN

En Imbabura, una de las amenazas para el oso andino es la pérdida y fragmentación de su hábitat, debido al avance de la frontera agrícola y ganadera, por esto, la especie busca alimento y espacio fuera de su hábitat natural. En consecuencia, se han generado interacciones negativas con humanos, debido a que el oso andino consume cultivos y ataca al ganado bovino. Debido a esta necesidad de hábitat y alimento natural, se buscan alternativas que ayuden a la generación de recursos naturales para el oso andino y sirvan como aporte en la mitigación de conflictos a largo plazo . En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo localizar áreas potenciales para la reforestación en la provincia de Imbabura con especies vegetales de importancia para el oso andino mediante un análisis multicriterio. Para esto tomó como base el modelamiento de distribución para cinco especies vegetales, *Ficus cuatrecasasiana (higuerón), Hyeronima scabrida (motilón), Ocotea caesariata (yalte), Saurauia bullosa (moquillo), Ocotea Pachypoda (aguacatillo)*; a esto se suman otros criterios como el cambio de uso de la tierra entre los años 2000-2020, costos de desplazamiento del oso andino, sitios de conflicto, y voluntad comunitaria para reforestar. Finalmente se sistematizó conocimientos de propagación de las especies vegetales como herramienta para los viveros de la Prefectura de Imbabura. Los resultados mostraron las áreas de distribución potencial en Imbabura para las especies vegetales de interés para el oso andino, dónde se tuvo para el higuerón,19.711,75 ha, yalte 19.129,58 ha, motilón, 30.519,08 ha, moquillo, 31.234,08 ha, aguacatillo 48.224,93 ha. En cuanto al análisis multitemporal de uso y cobertura de suelo se identificó una reducción de bosque nativo en 171.034,75 ha para el período 2000 al 2020, dónde, gran parte de esta reducción se dio por el cambio de bosque nativo a tierras agropecuarias con una extensión de 159.473,66 ha. Por otro lado, en la localización de áreas para reforestación, se identificaron áreas con alto, medio y bajo potencial para la reforestación con las especies vegetales, dónde se destacan las áreas con alto potencial que estarían disponibles para una reforestación actual que cumplen con las mejores condiciones de los criterios propuestos con anterioridad y además se solapan con las áreas de distribución del oso andino en el área de estudio, se tiene: para higuerón 2.785 ha, yalte 1.876,20, motilón 5.049,52, moquillo 3.555,06 y aguacatillo 2.813,23 ha, sumando un total de 16.079,01 ha. Finalmente se identificaron varios métodos de propagación sexual y asexual para cada una de las especies vegetales, así como las

condiciones edafoclimáticas para que se desarrollen con éxito; esto fue socializado con los viveros de la Prefectura y actores clave de la comunidad. En conclusión, en este estudio se identificaron importantes áreas de conexión entre las áreas de conservación que incluyen áreas protegidas, socio bosque y bosques protectores, así mismo zonas de amortiguamiento entre bosques y tierras agropecuarias. La reforestación de estas áreas sería importante para generar recursos como refugio, comida, hogar y movilidad para el oso andino en la provincia de Imbabura.

Palabras clave: hábitat, Imbabura, distribución de especies, modelación espacial, oso andino.

ABSTRACT

In Imbabura, one of the threats to the Andean bear is the loss and fragmentation of its habitat, due to the advance of the agricultural and livestock frontier, which is why the species seeks food and space outside its natural habitat. Consequently, negative interactions with humans have been generated, because the Andean bear consumes crops and attacks cattle. Due to this need for habitat and natural food, alternatives are sought that help generate natural resources for the Andean bear and serve as a contribution to long-term conflict mitigation. In this sense, the present study aimed to locate potential areas for reforestation in the province of Imbabura with plant species of importance for the Andean bear through a multicriteria analysis. For this, it was based on the distribution modeling for five plant species, Ficus cuatrecasasiana (fig tree), Hyeronima scabrida (motilón), Ocotea caesariata (yalte), Saurauia bullosa (distemper), Ocotea Pachypoda (aguacatillo); To this are added other criteria such as the change in land use between the years 2000-2020, displacement costs of the Andean bear, conflict sites, and particiátion of the community in reforest. Finally, knowledge of the propagation of plant species was systematized as a tool for the nurseries of the Imbabura Prefecture. The results showed the potential distribution areas in Imbabura for the plant species of interest to the Andean bear, where the higuerón, 19,711.75 ha, yalte, 19,129.58 ha, motilón, 30,519.08 ha, distemper, 31,234, 08 ha, aguacatillo 48,224.93 ha. Regarding the multi-temporal analysis of land use and land cover, a reduction of native forest was identified in 171,034.75 ha for the period 2000 to 2020, where a large part of this reduction occurred due to the change from native forest to agricultural lands with a extension of 159,473.66 ha. On the other hand, in locating areas for reforestation, areas with high, medium and low potential for reforestation with plant species were identified, where areas with high potential that would be available for current reforestation that comply with the best conditions of the previously proposed criteria and also overlap with the distribution areas of the Andean bear in the study area, we have: for higuerón 2,785 ha, yalte 1,876.20, motilón 5,049.52, distemper 3,555.06 and aguacatillo 2,813 .23 ha, adding a total of 16,079.01 ha. Finally, several methods of sexual and asexual propagation were identified for each of the plant species, as well as the edaphoclimatic conditions for them to develop successfully; This was socialized with the Prefecture's nurseries and key community actors. In conclusion, this study identified important connection areas between conservation areas that include protected areas, socio-forest and protective forests, as well as buffer zones

between forests and agricultural lands. Reforestation of these areas would be important to generate resources such as shelter, food, home, and mobility for the Andean bear in the province of Imbabura.

Keywords: habitat, Imbabura, species distribution, spatial modeling, Andean bear.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora Mónica Retamosa, por su guía, apoyo y asesoría en este trabajo.

A mi asesor Joel Saenz, por su apoyo y asesoría en este trabajo.

A mi asesor Andrés Laguna, por su apoyo en las salidas de campo, la obtención de los datos, la logística y su asesoría en este trabajo.

A Juan Yépez, por el apoyo en la identificación de especies vegetales.

A la fundación Big Mammals Conservation (BMC) por el apoyo a este trabajo.

A la Prefectura de Imbabura, Rufford Foundation, IDEA WILD por brindar el financiamiento para llevar a cabo esta investigación

A mis compañeros de promoción XXIX por todas las experiencias compartidas durante la maestría.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza para no rendirme

A mi mami Esther, por ser el ángel que siempre guía mis pasos.

A mi mami Mitilena, por su amor incondicional.

A mi papi Segundo, por siempre apoyar cada paso que doy.

A mi hermano Anthonny, por ser mi motivación.

A mi tía Rina y mis primos Juan y Angelo, por siempre brindarme su apoyo.

A mi familia y amigos, por todo el apoyo durante todo este proceso.

CONTENIDO

Página

RESUMEN i

ABSTRACT iii

AGRADECIMIENTOS v

DEDICATORIA vi

CONTENIDO vii

LISTA DE CUADROS xii

LISTA DE FIGURAS xiii

INTRODUCCIÓN 1

ANTECEDENTES 3

JUSTIFICACIÓN 5

MARCO TEÓRICO 6

5.1 Distribución del oso andino 6

5.2 Estado de conservación 6

5.3 Rol ecológico del oso andino 7

5.4 Alimentación 7

5.5 Patrones de conducta y distribución estacional del oso andino 8

5.6 Especies vegetales seleccionadas para reforestación 10

5.6.1 *Hyeronima scabrida* (Motilón) 10

5.6.2 *Ficus cuatrecasana* (Higuerón) 10

5.6.3 *Ocotea pachypoda (*Aguacatillo delgado)..... 11

5.6.4 *Ocotea caesariata* (Yalte) 11

5.6.5 *Saurauia Bullosa* (Moquillo) 11

5.7 Modelos de distribución de especies..... 12

OBJETIVO GENERAL..... 13

OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 13

MÉTODOS 14

6.1 Área de estudio..... 14

6.2 Distribución de especies vegetales seleccionadas 15

6.2.1 Registros de presencia de especies vegetales elegidas. 15

6.2.2 Variables 17

6.2.3 Aplicación del algoritmo de modelaje Maxent 19

6.2.4 Capacidad de discriminación 19

6.2.5 Umbral Logístico..... 20

6.3 Análisis de Cambio de Uso de la tierra y Cobertura Vegetal..... 20

6.3.1 Tasas de cambio..... 21

6.3.2 Cambio de cobertura y uso de la tierra 21

6.3.3 Cálculo de la deforestación..... 22

6.4 Construcción de criterios para priorización final de áreas de reforestación..... 23

6.4.1 Costos de desplazamiento del oso andino..... 23

6.4.2 Sitios de conflicto potencial entre humano-oso 24

6.4.3 Participación comunitaria para realizar reforestación 25

6.5 Priorización final de áreas para reforestación en función a múltiples criterios 26

6.6 Sistematización de conocimientos acerca de especies vegetales 26

6.6.1 Socialización de conocimientos 27

RESULTADOS 28

7.1 Distribución potencial de las especies vegetales de interés para el oso andino 28

7.1.1 Distribución potencial de *F. cuatrecasasiana* 28

7.1.2 Distribución potencial de *H.scabrida* 31

7.1.3 Distribución potencial de *O.caesariata* 34

7.1.4 Distribución potencial de *S.bullosa* 37

7.1.5 Distribución potencial de *O.pachypoda* 40

7.2. Análisis Multitemporal de Cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y 2020. 43

7.2.1 Tasas de cambio entre los años 2000 y 2020. 43

7.2.2 Matriz de transición y mapa de cambios de cobertura y uso de tierra 44

7.1.3 Deforestación en el periodo 2000- 2020 46

7.3 Criterios para la priorización final de áreas para reforestación 46

7.3.1 Costos de desplazamiento de oso andino 46

7.3.2. Sitios de conflicto oso – humano. 48

7.3.3 Voluntad de participación comunitaria en la reforestación. 51

7.3.4 Priorización final mediante modelos multicriterio 54

7.4 Sistematización de conocimientos de especies vegetales de estudio en viveros forestales. 64

7.4.1 *Ficus cuatrecasasiana* 64

7.4.2 *Ocotea caesariata* 67

7.4.3 *Hieronyma scabrida* 71

7.4.4 *Saurauia bullosa* 75

7.4.5 *Ocotea pachypoda* 78

7.4.7 Socialización sobre el conocimiento de las especies forestales 80

DISCUSION 84

8.1 Distribución potencial de especies de interés para el oso andino 84

8. 2 Análisis Multitemporal de Cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y 2020. 87

8.3 Criterios para la priorización final de áreas para reforestación 88

8.3.1 Desplazamiento del oso 88

8.1.2 Sitios de conflicto 89

8.1.3 Voluntad de participación comunitaria para reforestación 89

8.4 Priorización final de áreas potenciales para reforestación 91

8.4 Limitaciones de estudio 93

CONCLUSIONES 94

RECOMENDACIONES 95

IMPLICACIONES PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE ... 96

ANEXOS..... 99

LITERATURA CITADA 107

LISTA DE CUADROS

Cuadro Página

Cuadro 1. Variables utilizadas en el modelaje de distribución potencial 17

Cuadro 2. Ponderación de valores para la covariable (disponibilidad de hábitat) cobertura y uso de la tierra al 2020..... 23

Cuadro 3. Ponderación de valores para la covariable elevación 24

Cuadro 4. Ponderación de valores para la covariable pendiente..... 24

Cuadro 5. Ponderación de valores para la covariable textura del suelo. 24

Cuadro 6. Contribución porcentual de las variables al modelo de *F. cuatrecasasiana*. ... 29

Cuadro 7. Contribución de variables al modelo de *H.scabrida* 32

Cuadro 8. Contribución de variables al modelo de *O. caesariata* 35

Cuadro 9. Contribución de variables al modelo de S.bullosa..... 37

Cuadro 10. Contribución de variables al modelo de *O.pachypoda* 41

Cuadro 11. Tasa de cambio y porcentaje de ocupación de cada categoría de cobertura y uso de la tierra de los años 2000 y 2020..... 43

Cuadro 12. Matriz de transición de las coberturas y usos de suelo entre los años 2000 y 2020. 44

Cuadro 13. Superficie y porcentaje de ocupación de niveles de desplazamiento del oso andino..... 48

Cuadro 14. Contribución de variables al modelo de conflicto oso-humano..... 49

LISTA DE FIGURAS

Figura Página

Figura 1. Localización del área de estudio 15

Figura 2. Esquema de construcción de las áreas potenciales de reforestación. 26

Figura 3. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de entrenamiento del modelo de distribución potencial de F.cuatrecasana en la provincia de Imbabura. 28

Figura 4. Prueba jackknife de importancia de variable de F. cuatrecasasiana..... 30

Figura 5. Distribución potencial de F.cuatrecasasiana en la provincia de Imbabura. 30

Figura 6. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de entrenamiento del modelo de distribución potencial de H.scabrida en la provincia de Imbabura. 31

Figura 7. Prueba jackknife, de importancia de variable del modelo de H. scabrida. 33

Figura 8. Distribución potencial de H.scabrida en la provincia de Imbabura. 33

Figura 9. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de O.caesariata en la provincia de Imbabura..... 34

Figura 10. Prueba jackknife de importancia de variable de O.caesariata 36

Figura 11. Distribución potencial de O.caesariata en la provincia de Imbabura. 36

Figura 12. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de S.bullosa en la provincia de Imbabura. 37

Figura 13. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba de S.bullosa..... 39

Figura 14. Distribución potencial de S.bullosa en la provincia de Imbabura 39

Figura 15. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de O.pachypoda en la provincia de Imbabura. 40

Figura 16. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba de O.pachypoda 42

Figura 17. Distribución potencial de O.pachypoda en la provincia de Imbabura..... 42

Figura 18. Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y el 2020. 46

Figura 19. Costos de desplazamiento del oso andino 47

Figura 20. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba y entrenamiento del modelo de distribución potencial del conflicto oso-humano en la provincia de Imbabura. 48

Figura 21. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba del modelo conflicto oso-humano. 50

Figura 22. Conflicto potencial oso-humano en la provincia de Imbabura..... 50

Figura 23. Causas del ataque del oso andino al ganado y/o cultivos, mencionadas por los pobladores encuestados. 51

Figura 24. Perspectiva de los pobladores encuestados hacia la reforestación como una solución del conflicto oso-humano. 52

Figura 25. Voluntad de los pobladores encuestados para participar en la reforestación . 53

Figura 26. Inclusión de especies en estudio en terrenos privados para reforestación. 53

Figura 27. Potencial de reforestación con F.cuatrecasasiana, en la provincia de Imbabura 56

Figura 28. Potencial de reforestación con H.scabrida, en la provincia de Imbabura..... 57

Figura 29. Potencial de reforestación con O.caesariata en la provincia de Imbabura..... 58

Figura 30. Potencial de reforestación con S.bullos en la provincia de Imbabura 58

Figura 31. Potencial de reforestación con O.pachypoda, en la provincia de Imbabura.... 60

Figura 32. Áreas con alto potencial de reforestación con todas las especies vegetales de estudio..... 63

Figura 32. Áreas con alto potencial de reforestación con todas las especies vegetales de estudio en base a la distribución del oso andino……65

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Navarro et al. (2015), la intervención antrópica dentro del paisaje natural origina factores ambientales limitantes, lo cual lleva a una reducción de los recursos naturales y además obstaculiza el ciclo de vida natural de las especies que habitan en ese paisaje. Por ejemplo, como resultado de lo anterior, los animales silvestres, pueden ser atraídos hacia estas áreas antrópicas o ver sus movimientos o desplazamientos limitados.

En el caso del oso andino, factores limitantes como los sistemas viales, infraestructuras, industrias, entre otros, han obstaculizado su desplazamiento en el paisaje natural. Además, las actividades realizadas por pobladores como la tala, quema de bosque y pajonales con el propósito de establecer campos agrícolas y ganaderos, ha causado el deterioro y pérdida del hábitat de la especie (Andrade y Espinoza, 2019).

En Ecuador, el 90 % del área deforestada del país corresponde a la región andina. (Weber et ál. 2008, FAO 2010, Sierra 2013). En Imbabura, la principal causa de deforestación es la conversión de los bosques a cultivos y pastizales para ganadería. Es por lo que el oso andino pierde recursos alimenticios y hábitat, por lo cual busca otras fuentes de alimento como cultivos o ganado, generando interacciones negativas entre la especie y el humano (Laguna, 2013).

Se conoce, que para mantener una población viable de osos andinos se necesitan núcleos de 3,000 a 4,800 km2 aproximadamente (Paisley, 2000; Peyton, 1999). En el país se han identificado 24 núcleos habitados por la especie (Rodríguez et al., 2003), sin embargo, estos núcleos no tienen el área suficiente para mantener poblaciones viables de oso andino y al mismo tiempo son paisajes fragmentados donde existe un aislamiento de poblaciones y una baja diversidad genética (Ministerio del Ambiente, 2010). Además, se conoce que el oso andino necesita más de 1.000 ha al año de bosque maduro para alimentarse, es por lo que el oso realiza movimientos estacionales según la fructificación de las especies que consume (Molina, 2016). Por esta necesidad de recursos, es fundamental atender los requerimientos alimenticios y de hábitat de la especie (Parra, 2018) mediante la reforestación como una estrategia de ampliación y fortalecimiento de su hábitat.

Existen varias estrategias y lineamientos para la conservación del oso andino en Ecuador, dónde se pone énfasis en la recuperación de recursos y hábitat de la especie. Una de las acciones establecidas es la identificación de especies vegetales aptas para reforestación y recuperación del hábitat del oso andino (Díaz y Sarchi Ramos, 2022; Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020; World Wildlife Fund, 2003).

La reforestación es una buena alternativa que trae varios beneficios como: aumentar cobertura arbórea, conectar áreas protegidas, mantener la conectividad y sobre todo generar recursos para especies silvestres (Beer et ál. 2003; Harvey et ál. 2004; Munro y Lindenmayer, 2011). Por ejemplo, en la cordillera oriental de Colombia, como parte del programa "Conservamos por la vida" se logró restaurar 117 ha desde el año 2016 al 2021, logrando mantener y fortalecer la conectividad del hábitat del oso andino. Una de sus estrategias fue la reforestación en fincas (plantaciones forestales) que permitió generar recursos para el oso andino y reducir la presión productiva de las zonas (Wildlife Conservation Society, 2021).

También se ha evidenciado beneficios de la reforestación con otras especies de fauna silvestre. Por ejemplo, en Misisipi utilizaron la reforestación a lo largo de arroyos para áreas de movilización de osos negros y tener mayor conectividad funcional (Barnett et al. 2016). En Shiretoko, al norte de Japón, la reforestación con coníferas proveyó un hábitat de alimentación para los osos pardos al aumentar la disponibilidad la disponibilidad de ninfas de cigarra (Tomita y Hiura, 2021).). En Escocia y páramos adyacentes, la reforestación trajo ganancias netas en la riqueza y abundancia de aves reproductoras, en plantaciones forestales nativas de 8 a 24 años (Douglas et al. 2020). Así mismo, en la selva tropical, la reforestación proporcionó corredores funcionales para aves y mamíferos (Lees y Peres, 2008).

Por todo lo mencionado, esta investigación tiene como objetivo la identificación de áreas potenciales de reforestación con especies vegetales de interés para el oso andino, basad en un análisis multicriterio, tomando como base un modelamiento de distribución potencial de especies vegetales nativas que consume el oso andino en la provincia de Imbabura y sumando otros criterios importantes para la especie. Como aporte para la conservación de su hábitat, y además de este modo, asegurar la supervivencia de esta especie amenazada.

ANTECEDENTES

Según Kattan et al. (2004), el hábitat del oso andino se ha reducido aproximadamente un 42% en el norte de Sudamérica, principalmente en Colombia, Venezuela y Ecuador, donde existe una sobreposición de las áreas de distribución de la especie con las zonas donde se realiza actividades humanas. En Ecuador, se estima que queda menos del 20% de la cobertura original de páramos y bosques andinos (Sarmiento, 2002). En la parte occidental de la cordillera andina existen bosques fragmentados con poblaciones de osos aisladas. Además, en las estribaciones orientales se encuentran bloques remanentes de hábitat importantes para la especie (Ministerio del Ambiente, 2010), sin embargo, muchos de estos sitios quedan fuera de los límites de las áreas protegidas (Peralvo et al., 2005).

La cobertura boscosa se ha visto reducida en los últimos años, y esto es particularmente negativo para el oso andino, ya que la cobertura boscosa es un elemento importante del paisaje para mantener poblaciones viables (Yerena y Torres, 1994). En Ecuador, durante los años 2008 al 2012 el área deforestada fue de 65.880 ha/año, y durante el 2016 al 2018 el área deforestada fue de 58.429 ha/año, donde un 4,4% de la deforestación fue producida por el avance de la frontera agrícola (FAO, 2020). En la provincia de Imbabura se ha estimado que desde el año 2000 hasta 2008, se ha perdido anualmente 3.105 ha, con un acumulado de 24.845.82 ha de bosque (Congope, 2012).

Por la reducción del hábitat del oso andino, la especie busca alimento, refugio o pareja en áreas fuera de los límites de su hábitat natural, por lo que tiende acercarse a zonas de cultivo y pastoreo (Jiménez, 2011). Debido a esto, hasta el 2018 se ha registrado interacciones oso andino-humano en 10 provincias del Ecuador. Las provincias donde ocurre mayor frecuencia de interacciones son el Carchi e Imbabura (Ministerio del Ambiente al., 2018)

En Imbabura, se ha identificado 38.000 ha de hábitat idóneo para la especie, las cuales están fuera de las áreas protegidas de la provincia Imbabura, y además se han identificado 20.000 ha donde existe una alta probabilidad de interacción con el humano. Se ha reportado interacciones entre el humano y la fauna silvestre en 20 de las 42 parroquias tanto urbanas como rurales de la provincia (A. Laguna. comunicación personal, 20 de noviembre, 2020).

El oso andino además de ser una especie oportunista se ha visto en la necesidad de búsqueda de alimento cambiando sus hábitos alimenticios propios y sustituyéndolos por el consumo de maíz y ganado. En el caso de ataque al ganado, (Laguna, 2018) menciona, que la disponibilidad de alimento está estrechamente relacionada con la frecuencia e intensidad de ataques.

Como consecuencia de esto, el oso se ha visto inmerso en interacciones negativas con los campesinos ya que a veces lo cazan por represalia, desconocimiento o miedo. Según Laguna (2013), el surgimiento del conflicto oso andino- humano se da debido a la alteración del hábitat de la especie ya que el humano se ha ido adentrando e invadiendo espacios naturales que ocupa el oso, por lo cual, al perderse zonas extensas de hábitat natural por el reemplazo de actividades antrópicas como sistemas precarios de agricultura y ganadería, el oso pierde recursos alimenticios y hábitat. De acuerdo con Goldstein et al. (2006), el nivel de afectación del oso hacia la comunidad es proporcional a la invasión de actividades antrópicas.

Por todo esto el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) en conjunto con otras instituciones públicas y privadas, han trabajado en la realización del proyecto “Paisajes Vida Silvestre”. Este proyecto lleva a cabo la aplicación de programas de reducción de la interacción humano - oso andino mediante prácticas ganaderas sostenibles, en las provincias del Carchi e Imbabura.

Sin embargo, pocos estudios se han realizado con respecto a la recuperación del hábitat del oso andino, no obstante, está el caso del corredor biológico en Quito en la parte noroccidental de Ecuador, donde se han hecho esfuerzos por priorizar los sitios de reconexión en función de la ubicación de las poblaciones de osos, sus rutas de movimiento, entre otros factores; todo esto mediante la reforestación (Secretaría de Ambiente DMQ, 2014). En este sentido, Parra (2018), realizó un modelamiento de hábitat potencial con paches de la especie *Nectandra acutifolia* (especie importante en la dieta del oso andino) como criterio para identificar sitios prioritarios de reforestación dentro y en los alrededores de la Reserva Biológica Maquipucuna, en el corredor biológico de Quito.

JUSTIFICACIÓN

Se ha registrado la presencia del oso andino fuera de su hábitat natural, y se ha observado a la especie cruzar vías y movilizarse cerca de asentamientos humanos. La mayoría son individuos jóvenes que tratan de buscar nuevo espacio. Se desplazan por escasez de alimento de bosques y páramos. Así mismo, parte de la preocupación recae sobre las generaciones jóvenes de oso andino, ya que, al pasar los años, las dificultades para ellos aumentarán, debido a las necesidades alimenticias que deben cubrir, lo cual pone en peligro su supervivencia A. Laguna (comunicación personal, 20 de noviembre, 2020).

En la provincia de Imbabura se ha dirigido recursos para solucionar problemas que afecten a la seguridad alimentaria de las comunidades de pobladores afectados por fauna silvestre, sin embargo, también se debe pensar en la seguridad alimentaria y nutricional de la fauna silvestre como tal, A. Laguna (comunicación personal, 20 de noviembre, 2020).

Se puede decir que la protección del oso andino conlleva a conservar su hábitat y por tanto la biodiversidad que albergan estos ecosistemas, además de los servicios ambientales que benefician al humano y al planeta. Además, al ser una especie amenazada y por las funciones ecológicas que cumple es imprescindible trabajar en su conservación.

Finalmente, cabe recalcar que este estudio es importante, debido a que se genera nueva información en el ámbito del fortalecimiento y ampliación del hábitat de la especie. Toda esta información, ayudará a los tomadores de decisiones, en este caso, la Prefectura de Imbabura, a tomar acciones sobre las medidas y estrategias para reducir las presiones hacia el hábitat del oso, asegurando su supervivencia. Así mismo, mitigando el conflicto oso- humano a largo plazo y mejorando la calidad de vida de los comuneros locales. Es por lo que esta investigación sirve como herramienta para el Gobierno Provincial de Imbabura que apoya y busca establecer acciones que permitan proteger a esta especie, logrando una coexistencia armoniosa entre el humano y la naturaleza.

MARCO TEÓRICO

5.1 Distribución del oso andino

El oso andino (*Tremarctos ornatus*), es endémico de los Andes de Sudamérica, se distribuye en altitudes que van desde los 250 a los 4750 msnm., principalmente en países como Ecuador, Perú, Venezuela, Colombia, Bolivia, y noroeste de Argentina (Castellanos et al., 2016). El oso andino se distribuye en el páramo, bosque montano y nublado del Ecuador, el área de ocupación del oso andino es de 71.000 km2 y se estima que el 31% se encuentra dentro de áreas protegidas, un 21% está dentro de bosques protectores, patrimonio forestal y el demás porcentaje pertenece a tierras privadas. (Peralvo et al., 2005). En el norte del Ecuador la especie se registra en varias áreas protegidas como la, Reserva Ecológica El Ángel, Reserva Ecológica Los Ilinizas, Reserva Étnica Forestal Awá, Reserva Ecológica Cayambe Coca, Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas (Peyton, 1999), parte de estas dos últimas ubicadas en la provincia de Imbabura.

5.2 Estado de conservación

El oso andino aparece como una especie En Peligro (EN), según el Libro Rojo de Ecuador (Tirira, 2001), y como una especie Vulnerable (VU) en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (García-Rangel y Velez-Liendo, 2017). Esto debido a estimaciones de su población, donde se ha identificado una reducción de un 25% en la última generación y además un tamaño poblacional de menos de 2500 individuos adultos y subpoblaciones que no superan los 250 individuos maduros, en el país. (Cuesta y Suárez, 2001). Sin embargo, estos datos no son actuales y las poblaciones de la especie podrían estar disminuyendo (Ministerio del Ambiente, 2010).

Una de las principales amenazas hacia el oso andino, es la pérdida y fragmentación de su hábitat, esto debido al avance de la frontera agrícola, minería e incendios forestales. La elevada tasa de conversión de los bosques y páramos a tierras agropecuarias, dan como resultado una fragmentación del hábitat del oso que conlleva a un aislamiento y disminución de sus poblaciones (Castellanos et al., 2010; Cuesta et al., 2011; Tirira, 2011; Tirira, 2017).

Por otro lado, la cacería es otra amenaza hacia el oso andino. Se da básicamente para conseguir las partes del animal, o por represalia originada por conflictos humano – oso

andino (Suárez, 1999; Rodríguez et al., 2003; Kattan et al., 2004; Castellanos et al., 2010; Cuesta et al., 2011; Tirira, 2011; Tirira, 2017).

5.3 Rol ecológico del oso andino

La especie cumple funciones importantes dentro de los ecosistemas, principalmente beneficia especies vegetales del bosque y páramo ya que es un dispersor de semillas. Este ingiere varias especies de plantas y deposita semillas con mayor velocidad de germinación (Domínguez et al., 2011). Al recorrer más de 54 km de territorio, dispersan aproximadamente 300 especies de plantas, esto es particularmente importante para la conservación de flora, fauna y además de fuentes hídricas (Vela et al., 2011).

Debido a que es gran trepador de árboles, ayuda a generar claros de dosel, por donde ingresa mayor luz solar y lluvia, lo cual permite la regeneración de bosques (Troya 2002). Además, debido a su comportamiento hortícola, en el bosque nuboso, por ejemplo, permite el aumento de plantas epifitas lo cual ayuda a mejorar el efecto de evapotranspiración y la lluvia efectiva que va para arroyos y ríos, interviniendo así en la regulación del ciclo hidrológico (Castellanos et al., 2016).

5.4 Alimentación

La alimentación del oso ha sido estudiada a lo largo de toda su distribución en muchas localidades y tipos de hábitats (Suarez, 1988). Los osos andinos son omnívoros ya que se alimentan de plantas silvestres, animales y también hongos. Consumen frecuentemente frutos y hojas, se alimentan principalmente de las partes suculentas y tiernas de las plantas y prefiere solo las partes basales, sin llegar a consumir la planta completamente. Esta especie escala árboles de hasta 25 metros de altura, donde rompe sus ramas con su mandíbula y consume sus frutos (Molina, 2012), por otro lado, Rodríguez (1991), sugiere que el oso andino forrajea los frutos del suelo. Además, deja rastros como, por ejemplo, marcas en los troncos cuando se alimenta de especies de aguacates silvestres o deja hojas en el suelo cuando se alimenta de la base de bromelias (Goldstein, 2004).

La dieta de los osos andinos es variada, sin embargo, un 80% es de origen vegetal, en varias regiones de bosque nuboso de Ecuador como Intag y Cosanga consumen con mayor frecuencia especies como bambú Suro (*Chusquea quila*), bromelias (*Guzmania spp., Greiga spp*.) y palmitos (Arecaceae); también son gran consumidores de frutos, en

bosque nuboso prefiere especies como el higuerón (*Ficus spp.*), aguacates silvestres (*Nectandra spp., Ocotea spp*.), y mirto (*Myrcianthes spp*.) (Castellanos et al., 2016). En el ecosistema de páramo y ceja andina se ha registrado que se alimentan de especies como bromelias de puya (*Puya clavata-herculis*), frailejones (*Espeletia pycnophylla*.) y arándanos (*Vaccinum spp*.) (Laguna, 2016; Castellanos et al., 2016). Ocasionalmente consiguen su proteína a través de la ingesta de insectos, gusanos. Además, se registra que una de sus presas naturales es el tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) (Laguna, 2016), y también posee hábitos carroñeros (Castellanos et al., 2005).

Por la transformación de hábitats naturales a tierras agrícolas y ganaderas la especie ha llegado a consumir cultivos como el maíz (*Zea mays*), granadilla (*Passiflora ligularis*), plátano (*Musa spp*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) (Castellanos et al., 2016), además se ha registrado el consumo de ganado bovino (Laguna, 2018).

5.5 Patrones de conducta y distribución estacional del oso andino

Los osos generalmente se desplazan y seleccionan su hábitat debido a la disponibilidad de alimentos, se ha identificado que realizan desplazamientos estacionales entre ecosistemas, asociados con temporadas de fructificación de las especies que consume (Castellanos et al., 2016). Se puede decir que la estrategia de alimentación de la especie es oportunista (García-Rangel, 2012) y el cambio en el uso estacional del hábitat está dado por la disponibilidad de alimento en los tipos de vegetación existente (Troya et al., 2004).

Machos y hembras se diferencian en cuanto a la selección de su hábitat, el rango de vida y patrones de movimiento. Las hembras tienden a ocupar un área más reducida que los machos, ellas generalmente se mueven en hábitats donde pueden tener una buena disponibilidad de alimento, sin embargo, se ha observado que pueden viajar distancias de hasta 6km/día por la obtención de un recurso nutritivo, por ejemplo, se mueven a terrenos cercanos de cultivos de maíz. En cambio, los machos pueden movilizarse distancias más largas, aproximadamente de 18.75 km /día, esto lo hacen habitualmente para la búsqueda de alimento y/o pareja (Castellanos et al., 2016).

Generalmente el oso andino presenta movimientos estacionales para conseguir su alimento durante todo el año, sin embargo, también presenta épocas de inanición (Castellanos et al., 2010). Esto debido a que las especies vegetales que son fundamentales en su dieta fructifican solo en ciertas épocas del año, sumado a esto, está la deforestación de estas especies importantes (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2007). En este sentido, un estudio realizado en Intag, Imbabura mostró, la desnutrición de 17 osos, lo cual indica que existe escasez de alimento para estos individuos (Castellanos et al., 2005).

Con respecto a esta distribución estacional y dieta , por ejemplo, en el volcán Antisana ubicado en la Cordillera Real de Ecuador, se identificó que el oso andino ocupa áreas de páramo estacionalmente desde febrero a julio, donde su principal alimento fueron las bromelias (Puya sp.) y en menor porcentaje la especie *Neurolepis sp* (Suarez, 1988). Otros autores como Erickson (1966) y Peyton (1980) también mencionan que Puya sp. es un alimento sustancial para las especies en los páramos. Además, (Castellanos, 2004) encontró que, en el páramo, durante todo el año, otra especie importante en la dieta del oso andino es la *Chusquea spp*.

Otros estudios como el realizado en la Reserva de Maquipucuna demostraron que en bosque húmedo Premontano la especie silvestre más importante para el oso fue *Euterpe sp*, en bosque húmedo montano bajo fue *Prestoea acuminata* y *Pitcairnia spp*., y para el bosque húmedo montano fue *Ficus cf. Cuatrecasana* (Tapia et al., 2005). Por otro lado, en la Reserva Natural Chamanapamba que comprende bosque nublado, se identificó como recurso alimenticio importante a especies de Bromelia (*Greigia sp., Tillandsia sp., Tillandsia fendleri, Pitcairnia sp., Guzmania sp*) y además *Hyeronima sp.* (Ríos y Reyes, 2013).

En la cuenca del río Oyacachi, ubicado dentro de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca, el oso consumía en su mayoría bromelias de los géneros Puya y Greigia y también la especie *Hyeronima macrocarpa*. El consumo del fruto de estas plantas puede estar relacionado a su textura, sabor, tamaño o disponibilidad, ya que estos frutos fueron abundantes en bosque montano en junio, julio y enero, y su uso mayor por parte del oso se lo hizo en enero y julio (Cuesta et al., 2003).

5.6 Especies vegetales seleccionadas para reforestación

Para seleccionar especies vegetales importantes en la alimentación del oso andino que permitan realizar reforestación y contribuir a la recuperación de su hábitat se toma los siguientes criterios basados en (Congope, 2012; SAGARPA, 2016):

- De importancia para el oso andino.
- Especie nativa
- Disponibilidad de germoplasma (disponibilidad de rodales semilleros o del árbol plus como fuente del recurso genético para la reproducción)
- Ser especie multipropósito, es decir que sume a su efecto restaurador otros propósitos como madera, carbón, forraje, néctar etc.

5.6.1 *Hyeronima scabrida* (Motilón)

Árbol de 8 a 20 metros de alto perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Según la base de datos (gbif.org) *H. scabrida* se distribuye en Colombia y Ecuador; en altitudes que oscilan entre 1400-2700 msnm (Franco et al., 1990).

Especie maderera, útil como cerca viva, importante en la conservación de suelos, sirve de alimento y refugio para aves (Sánchez et al., 2010) y además se ha registrado como una especie importante en la dieta del oso andino en el bosque montano (Troya et al., 2004).

5.6.2 *Ficus cuatrecasana* (Higuerón)

Es un árbol hemiepífito de 28 m de altura y hasta 100 cm de DAP, perteneciente a la familia Moraceae. De acuerdo con la revisión de la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/, 2022). La especie *F. cuatrecasasiana* se distribuye desde Centro américa en Costa Rica, hasta los Andes centrales de Ecuador en altitudes que van desde los 500 hasta los 2500msnm (Renner et al., 1990; Jørgensen y Ulloa Ulloa, 1994). En Ecuador se encuentra en la cordillera oriental y se ha registrado en las provincias de Loja, Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Napo y Pichincha. (Jorgensen y León-Yánez, 1999).

Tiene usos maderables, sirve para forraje, usos medicinales, además sirve de protección para manantiales y ayuda a conservar humedad en hondonadas y nacimientos de agua. Es importante recurso alimenticio para aves endémicas como loros y pericos (Velásquez, 1998), y se ha registrado importante en la dieta para el oso andino en el bosque húmedo montano, además de servir como refugio para la especie (Castellanos et al., 2005)

5.6.3 *Ocotea pachypoda (*Aguacatillo delgado)

Árbol de hasta 25m de altura, perteneciente a la familia Lauraceae. La especie *Ocotea pachypoda* (Aguacatillo delgado) es endémica de Ecuador. Además, está registrada en el Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador como CR B1ab(iii), o en Peligro Crítico (León-Yánez et al., 2019). Se distribuye naturalmente en bosques montanos húmedos tropicales o subtropicales (Muriel y Pitman, 2004).

Tiene uso maderero (Muriel y Pitman, 2004), además es especie importante en la dieta del oso andino (Castellanos et al., 2016).

5.6.4 *Ocotea caesariata* (Yalte)

Árbol de 17 a 20 metros de altura perteneciente a la familia Lauraceae. De acuerdo con la revisión de la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/, 2023), la especie *O. caesariata* se distribuye desde la parte sur de Colombia, hasta los Andes centrales de Ecuador en altitudes de 2300 hasta los 3500msnm.

Tiene uso maderable, alimento para humanos y aves. Además, en los Andes, se ha registrado como especie importante en la dieta del oso andino (Castellanos et al., 2016).

5.6.5 *Saurauia Bullosa* (Moquillo)

Árbol de 6-12m de alto, perteneciente a la familia Actinidiaceae (Missouri Botanical Garden, 2023). Según Agudelo (2021), *S. bullosa* se distribuye en Colombia, Perú y Ecuador, en altitudes que oscilan entre los 2200 – 3600 msnm.

Tiene uso maderero, propiedades medicinales, utilizado como fruto de consumo humano. Es útil para recuperación de áreas degradadas (Yandún, 2015). Además, es importante en la dieta del oso andino (Castellanos, 2005).

5.7 Modelos de distribución de especies

Los modelos de distribución de especies son una herramienta fundamental en el manejo de recursos y zonificación de territorios basados en la planificación para la conservación (Syphard & Franklin, 2009). Además, se ha convertido en una de las áreas más exploradas en el campo de biogeografía de la conservación (Richardson y Whittaker, 2010).

Los modelos de distribución de especies se pueden definir como representaciones cartográficas de la idoneidad de un área para la presencia de una especie, en base a variables ecológicas importantes para la especie. Esta idoneidad es la relación estadística entre la distribución real y las variables independientes que actúan como indicadores. Estas variables independientes son los factores ambientales que demarcan las condiciones propicias para la presencia de la especie (Guisan & Zimmermann, 2000).

La construcción de modelos de distribución se fundamenta en un proceso de clasificación, dónde la variable dependiente es dicotómica (presencia-ausencia), y las variables dependientes (ambientales) pueden ser cuantitativas o nominales. Los clasificadores asignan un valor numérico a cada celda del terreno, este valor resulta en la idoneidad en función de las variables independientes (Guisan & Zimmermann, 2000).

Se pueden mencionar cuatro técnicas básicas para la modelación de distribución de especies. Existe una basada en combinaciones de rangos de valores (BIOCLIM, ENFA); una basada en modelos estadísticos de regresiones como son los Modelos Lineales Generalizados (GLM) y Modelos Aditivos Generalizados GAM; otra técnica basada en métodos de clasificación como lo son Random Forest (RF) y Boosted regresión trees (BRT); y finamente una técnica basada en el uso de algoritmos de modelaje como lo es y Garp y Maxent, este último utilizado para modelar únicamente con registros de presencia (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

OBJETIVO GENERAL

Modelar la distribución de hábitat de especies vegetales que forman parte la dieta del oso andino, como herramienta para la priorización de áreas de reforestación y contribución a la conservación de la especie en la provincia de Imbabura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I. Determinar la distribución de hábitat de especies vegetales seleccionadas, que sirven como fuente de alimento para el oso andino en la provincia de Imbabura.

II. Analizar el cambio de uso de la tierra en el área de distribución natural de las especies vegetales seleccionadas en la provincia de Imbabura.

III. Priorizar áreas para la reforestación con las especies vegetales seleccionadas, aplicando modelos multicriterio e incluyendo variables ecológicas y dimensiones humanas.

IV. Sistematizar conocimientos de especies vegetales como herramienta para viveros forestales en la zona de estudio, actores clave de la comunidad y la Prefectura de Imbabura.

MÉTODOS

6.1 Área de estudio

El área de estudio es la provincia de Imbabura, la cual está ubicada al norte de Ecuador en la región de la sierra o interandina, sobre los flancos externos de la cordillera occidental (0°28′0″ N, 78°23′0″ W). Al norte limita con la provincia del Carchi, al sur con la provincia de Pichincha, al este la provincia de Sucumbíos y al oeste la provincia de Esmeraldas. Cuenta con una extensión de 4.794,31 Km2, con altitudes que van desde los 200 hasta los 4.939 msnm y está conformada por 6 cantones, 36 parroquias rurales y 6 urbanas, siendo la ciudad de Ibarra su capital (Prefectura de Imbabura, 2019).

La provincia está compuesta por 13 tipos de ecosistemas, zonas intervenidas y zonas que aún no disponen de información (Ministerio del Ambiente, 2012). En las que se incluyen páramo con 61.792,30 ha y bosque natural con 144.469,78 ha. Estos ecosistemas albergan una gran diversidad compuesta por especies de flora y fauna endémica, además goza de gran potencial hídrico debido a que tiene lagos y lagunas importantes en el abastecimiento de servicio (Prefectura de Imbabura, 2019).

Imbabura cuenta con un área de 19,98 % de bosques bajo protección. Se protegen 92.320,81 ha, que incluye la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y Parque Nacional Cayambe Coca pertenecientes al Sistema nacional de áreas Protegidas (SNAP); Bosques protectores; Patrimonio Forestal del Estado; y Socio Bosque. Sin embargo, se ha identificado áreas que necesitan protección debido a la amenaza antrópica que pone en riesgo los ecosistemas existentes y por consiguiente la calidad de vida de los habitantes (Prefectura de Imbabura, 2019).

Las condiciones orográficas de la provincia de Imbabura establecen una gran variedad climática. Los tipos de clima existentes son: cálido seco en el valle del Chota pasando por el templado en las cabeceras cantonales, a frío de alta montaña en el cerro Imbabura y Cotacachi, hasta el cálido húmedo en el sector de Intag y Lita (MAGAP- IEE, 2002). Los rangos de precipitación van de 0-500mm en las partes más secas como Salinas, Ambuquí; hasta 2.500-3.500mm en las partes más húmedas como Lita. Los rangos de temperatura varían desde 8-10°C en las partes más frías como Mariano Acosta, Angochagua, hasta las temperaturas máximas de 22-24°C en Lita (INAHMI, 2008).

En cuanto a la población según proyecciones del INEC (2020), Imbabura cuenta con 476.257 habitantes al 2020. La mayoría de la población es joven con edades que comprenden entre los 10 a 24 años, y hasta los 44 años los adultos, quienes se incluyen en la población económicamente activa (PEA). Los habitantes se dedican principalmente a la construcción, comercio y manufactura, actividades profesionales, agricultura, ganadería y silvicultura.

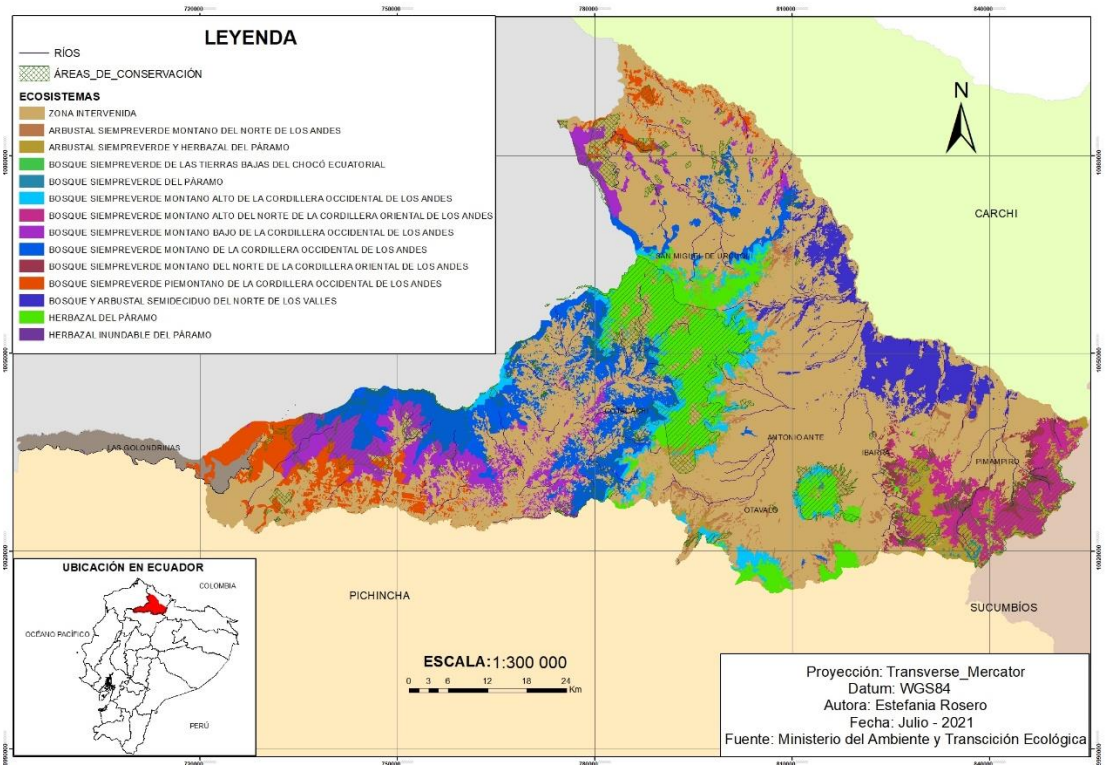


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, año 2020.

6.2 Distribución de especies vegetales seleccionadas

6.2.1 Registros de presencia de especies vegetales elegidas.

Los registros de puntos de presencia de las especies vegetales que usa el oso andino se colectaron durante el trascurso del mes de Julio del 2021 hasta abril del 2022. Se realizaron varias jornadas de campo en las áreas de ocupación de oso Andino (bosque y páramo nativo), tanto en la cordillera oriental, como en la cordillera occidental de la provincia de Imbabura. Los recorridos de observación para la toma de puntos de

presencia de las especies vegetales se realizaron sugeridos por habitantes locales y guardaparques conocedores de las zonas y especies, así mismo bajo la supervisión del Biólogo Andrés Laguna. En total se recorrieron 300 km aproximadamente, que representa un 10% del área de estudio.

Para reducir la agregación espacial de los registros evitar la intensidad de sobre muestreo y tener independencia de los datos, se adoptó por registrar una presencia dentro de una ventana espacial, es decir se definió una distancia de muestreo aproximadamente de 1km entre puntos. Además, se registraron puntos de presencia de las especies vegetales seleccionadas en diferentes ambientes como bosque montano alto, bosque húmedo montano y bosque tropical en la cordillera oriental y occidental de la provincia de Imbabura. Finalmente, para el modelado también se tomó en consideración los registros de ocurrencia de las especies disponibles en GBIF (https://www.gbif.org/es/).

Para la toma de los registros en campo se empleó el GPS Garmin Etrex 10, de modo que los registros se han documentado en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercators). El reconocimiento de las especies en campo fue posible gracias también a la experiencia de los guardaparques, habitantes locales y asesores de la presente investigación.

Para poder verificar taxonómicamente las especies vegetales de las cuales se tomaron registro, se utilizó una muestra del componente florístico general en el área de estudio para luego ser llevada al herbario. Esto se lo realizó mediante jornadas de colecta en varios puntos de registro de presencia, el trascurso de los meses de abril y mayo del 2022. De acuerdo con la accesibilidad vial y a la topografía del terreno, se decidió realizar las colecciones en los puntos de muestreo de los poblados de Yuquín y Sigsipamba del cantón Pimampiro, en la cordillera oriental y en el bosque Siempre Verde de la parroquia de Plaza Gutiérrez del cantón Cotacachi, en la cordillera occidental de la provincia de Imbabura-Ecuador. La identificación se llevó a cabo por el Biólogo Juan Yépez en los herbarios QCA, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Quito (PUCE) y su sede en Ibarra (PUCE-SI).

6.2.2 Variables

Se consideraron 19 variables bioclimáticas provenientes de la base de datos WordClim, las cuales contienen datos bioclimáticos, mensuales, promedios, máximos y mínimos a nivel mundial, además se tomaron en cuenta 12 variables edafológicas y 2 topográficas correspondientes al año 2019, generadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Para la elección de las variables edafológicas y topográficas se tomaron en consideración los trabajos de Justicia (2007) y Parra (2018), ya que señalan variables ambientales aplicadas para el modelamiento de especies vegetales con fines de restauración y que representan las limitaciones físicas y fisiológicas para la distribución de una especie.

Las 33 variables fueron utilizadas para el modelamiento y mediante ArcGIS 10.5 se rasterizaron y se estandarizaron en resolución espacial y extensión. Se asignó un tamaño de celda de 200 pixeles y como sistema de referencia geodésico WGS84. Además, se recortaron las variables de acuerdo con la extensión del área de estudio. Finalmente, se realizó una transformación de todas las coberturas tipo Raster (.tif) a formato GRIDASCII (.asc) para que puedan ser incorporadas en el software Maxent 3.4.1.

Cuadro 1. Variables utilizadas en el modelaje de distribución potencial

	Variables bioclimáticas	**Descripción**
1	extract_bio1	Temperatura anual promedio
2	extract_bio2	Rango de temperatura diurno promedio
3	extract_bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (x100)
4	extract_bio4	Estacionalidad de la temperatura
5	extract_bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
6	extract_bio6	Temperatura mínima del mes más frío
7	extract_bio7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
8	extract_bio8	Temperatura promedio del trimestre más húmedo
9	extract_bio9	Temperatura promedio del trimestre más seco
10	extract_bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido
11	extract_bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío.

12	extract_bio12	Precipitación anual
13	extract_bio13	Precipitación del mes más húmedo
14	extract_bio14	Precipitación del mes más seco
15	extract_bio15	Estacionalidad de la precipitación
16	extract_bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
17	extract_bio17	Precipitación del trimestre más seco
18	extract_bio18	Precipitación del trimestre más cálido
19	extract_bio19	Precipitación del trimestre más frío.
	Variables edafológicas	**Descripción**
20	extract_fld	Fertilidad
21	extract_inu	Inundabilidad
22	extract_ndr	Drenaje natural
23	extract_otx	Clasificación de suelos (orden)
24	extract_pdr	Pedregosidad
25	extract_pfe	Profundidad efectiva
26	extract_phi_2	Potencial hidrógeno
27	extract_rmo	Materia orgánica
28	extract_rts	Régimen de temperatura del suelo
29	extract_txc	Toxicidad
30	extract_txsm	Textura superficial
31	extract_wcs	Salinidad
	Variables topográficas	**Descripción**
32	extract_eleva	Elevación
33	extract_pen	Pendiente

6.2.3 Aplicación del algoritmo de modelaje Maxent

Para el modelaje de cada una de las especies vegetales seleccionadas para este estudio se usó el software Maxent 3.4.1., considerado por tener un algoritmo de buen desempeño usando registros de presencia (Elith & Graham, 2006). Además, es eficiente con tamaños de muestra pequeños (Hernandez et al., 2006; Wisz et al., 2008).

Para la modelación se mantuvieron los parámetros predefinidos por el programa como lo proponen Phillips et al. (2006) y Phillips & Dudík (2008). Se escogieron las opciones de: Create response curves (para crear curvas de respuesta), Make pictures of predictions (para hacer gráficos de las predicciones), Do Jackknife to measure variable importance (para hacer la prueba de Jackknife y ver la importancia de las variables) y formato de salida Logistic (para facilitar la interpretación de resultados). Debido al tamaño de muestra pequeño de las siguientes especies: (*H.scabrida* – 15 registros, *F.cuatrecasana* – 18 registros, *O.pachypoda* – 10 registros, *O. caesariata* – 9 registros), se decidió utilizar todos los registros de presencia para mejorar la construcción de los modelos, como lo han hecho otros autores en el mismo caso (Papeş y Gaubert, 2007; Plasencia-Vázquez et al., 2014; Navarrete, 2019). En el caso de *S. bullosa*, al tener 22 registros, se decidió utilizar el 25% de los registros para “random test porcentaje”, según lo sugerido por Phillips (2006).

Además, se configuró la opción Feature tomando en cuenta nuestros tamaños de muestra según lo recomendado por (Philips et al., 2004); *O.caesariata* con menos de 10 datos, opción Linear features; *O. pachypoda* entre 10 y 14 datos, opción Linear features y Quadratic features; *H.scabrida*, *F.cuatrecasana* y *S.Bullosa* entre 15 y 79 datos, opción Linear features, Quadratic features y Hinge features.

6.2.4 Capacidad de discriminación

Para comparar la capacidad de discriminación de los distintos modelos se seleccionó la técnica de Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC), esta utilizada con éxito a la evaluación de modelos de distribución basados en algoritmos de presencia-ausencia (Fielding y Bell, 1997). La AUC es una técnica que considera una selección al azar de un punto de presencia y uno aleatorio, e indica la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto

para el punto aleatorio. Se consideró valores próximos a 1 cuando existe un buen ajuste con los datos de evaluación y por lo tanto una buena capacidad predictiva del modelo, y cercanos a 0.5 cuando el ajuste no es superior que el conseguido por azar, e indican que el modelo es poco predictivo (Pearson et al., 2007).

6.2.5 Umbral Logístico

Se consideró el umbral logístico de corte de Maximum training sensitiviy plus specificity, ya que dicta un equilibrio entre la sensibilidad (tasa de verdaderos positivos) y especificidad (tasa de verdaderos negativos) y toma en cuenta distribuciones más estrictas o precisas (Jiménez- Valverde y Lobo, 2007; Parra, 2018). Además, autores como Moscoso et al. (2013) y Cao et al. (2013), afirman que este tipo de umbrales son recomendados cuando el objetivo de modelaje es la conservación de una especie ya que se ajustan a los requerimientos específicos de esta.

6.3 Análisis de Cambio de Uso de la tierra y Cobertura Vegetal

Para el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo se obtuvo como insumos las capas vectoriales de cobertura y uso de la tierra de los años 2000 y 2020 del Ecuador, que fueron descargadas en el portal web del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/). Las capas cuentan con categorías que corresponden al primer Nivel con 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); y el segundo nivel corresponde a 10 clases definidas en varios talleres por las entidades: Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE).

Para realizar el análisis multitemporal se tomó en cuenta el segundo nivel de cada año adaptadas a 9 clases definidas (área poblada, área sin cobertura vegetal, bosque nativo, infraestructura, cuerpo de agua, páramo, plantación forestal, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea.), donde primero se hizo el preprocesamiento de las capas en el programa ArcMap 10.5 mediante la herramienta Clip, para cortar las capas al tamaño del área de la provincia de Imbabura.

6.3.1 Tasas de cambio

Se analizó cada categoría de cobertura de la tierra tanto del año 2000 como del 2020 donde se calculó la superficie en ha de cada categoría mediante la herramienta Summarize en ArcMap 10.5; además, se calculó el porcentaje de tasa de cambio anual y el porcentaje de ocupación de cada categoría en el programa Excel.

Las tasas de cambio anual fueron calculadas utilizando la siguiente fórmula:

$$\delta = \left(\frac{S2}{S1}\right)^{n/1} - 1$$

Donde S es la tasa anual de cambio, S1 es la superficie en la fecha 1, S2 es la superficie en la fecha 2 y n es la diferencia de años entre las dos fechas.

6.3.2 Cambio de cobertura y uso de la tierra

Se realizó el análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y 2020 mediante el programa ArcMap 10.5, donde con el uso de la herramienta Intesect se unieron las dos capas de los diferentes años. Mediante el comando Field Calculator se concatenó la información de las categorías de cobertura y uso de suelo de cada año y así se logró ver el cambio que hubo de una categoría a otra. Al final, con el comando Calculate Geometry se calculó el área de cambio en hectáreas.

Para un mejor entendimiento de la dinámica del conjunto de cambio de cobertura y uso de la tierra se realizó una matriz de transición que comprende una tabla de doble entrada de nueve por nueve elementos donde los ejes corresponden a las categorías de cobertura de suelo y en cada celda la superficie de las áreas en hectáreas que tuvieron cambios entre los años 2000 y 2020. Las celdas que se ubican en la diagonal de la matriz son las superficies que no han tenido cambios a través de los años (López et al., 2001). A partir de esto se generó un mapa en donde se puede identificar gráficamente el tipo de cambio ocurrido en las coberturas y usos de la tierra.

6.3.3 Cálculo de la deforestación

Finalmente, se calculó la deforestación neta anual mediante la resta de deforestación bruta anual menos la regeneración bruta anual. Para calcular la deforestación bruta anual se utilizó la siguiente fórmula (Peralvo y Delgado, 2010):

$$\mathbf{DB}_t = \frac{(S_{bn}PF + S_{bn}VAH + S_{bn}TA + S_{bn}CA + S_{bn}IN + Sbn\mathbf{AP} + S_{bn}ASC + S_{bn}PR)}{t_2 - t_1}$$

Donde:

DB:	Deforestación bruta anual
S_{bn}PF:	Superficie de bosque nativo a Plantación Forestal
S_{bn}VAH:	Superficie de bosque nativo a Vegetación Arbustiva y Herbácea
S_{bn}TA:	Superficie de bosque nativo a Tierra Agropecuaria
S_{bn}CA:	Superficie de bosque nativo a Cuerpo de Agua
S_{bn}IN:	Superficie de bosque nativo a Infraestructura
S_{bn}AP	Superficie de bosque nativo a Área poblada
S_{bn}ASC:	Superficie de bosque nativo a Área sin cobertura vegetal
S_{bn}PR	Superficie de bosque nativo a Páramo
t_2:	Año final
t_1:	Año inicial

Para calcular la regeneración neta se utilizó la siguiente fórmula (Peralvo y Delgado, 2010):

$$\mathbf{RB}_t = \frac{(S_{bn}PFB + S_{bn}VAHB + S_{bn}TAB + S_{bn}CAB + S_{bn}INB + Sbn\mathbf{APB} + S_{bn}ASCB + S_{bn}PRB)}{t_2 - t_1}$$

Donde:

RB:	Regeneración bruta anual
S_{bn}PFB:	Superficie de Plantación Forestal a Bosque Nativo
S_{bn}VAHB:	Superficie de Vegetación Arbustiva y Herbácea a Bosque Nativo
S_{bn}TAB:	Superficie de Tierra Agropecuaria a Bosque Nativo
S_{bn}CAB:	Superficie de Cuerpo de Agua a Bosque Nativo
S_{bn}INB:	Superficie de Infraestructura a Bosque Nativo
S_{bn}APB:	Superficie de Área poblada a Bosque Nativo
S_{bn}ASCB:	Superficie de Área sin cobertura vegetal a Bosque Nativo
S_{bn}PRB:	Superficie de Páramo a Bosque Nativo
t_2:	Año final

t_1: Año inicial

6.4 Construcción de criterios para priorización final de áreas de reforestación

6.4.1 Costos de desplazamiento del oso andino

Para empezar, los registros de presencia de oso que se utilizaron para la ponderación de covariables para el modelamiento fueron recopilados tanto en la cordillera oriental como occidental. Esto se realizó mediante métodos de telemetría y foto trampeo tomados desde el año 2011-2023 por la Prefectura de Imbabura. Mediante estos registros se pudo ver por dónde se desplaza el oso andino en la provincia de Imbabura y por lo tanto se usó principalmente como una referencia en la ponderación de las categorías en cada covariable. Así mismo, se tomó en cuenta para la ponderación, el trabajo de Parra (2018) que trabajó con el método de menor costo de desplazamiento del oso andino en Quito, Ecuador.

La aplicación de covariables representa niveles de limitación para un adecuado desplazamiento de individuos de oso andino en la zona de estudio, por lo cual se propusieron 4 covariables: disponibilidad de hábitat (cobertura y uso de la tierra) (cuadro 2), pendiente (cuadro 3), elevación (cuadro 4) y textura de suelo (cuadro 5). Para asignar ponderaciones a cada categoría y covariable se basó en la información extraída de los registros de presencia del oso andino en la provincia de Imbabura y literatura.

Por lo tanto, se ponderó individualmente cada categoría de cada covariable mediante la función Calculadora Raster del programa ArcMap y se asignaron valores más altos dónde el oso andino tendría más facilidad de desplazarse (menor costo de desplazamiento), y valores más bajos a las categorías dónde el oso andino tendría menos facilidad de desplazamiento (mayor costo de desplazamiento). Finalmente, las covariables y sus medidas fueron integradas a un mapa de función de costos mediante la función “Weighted Overlay” de la herramienta Spatial Analyst Tools disponible en ArcGIS, la cual permitió asignar a cada covariable un factor definido y un peso de importancia para cada una de las 4 covariables. Esto resultó en un ráster de salida final producto del modelamiento de costos (ESRI, 2016).

Cuadro 2. Ponderación de valores para la covariable (disponibilidad de hábitat) cobertura y uso de la tierra al 2020

Tipo de cobertura y uso de la tierra	Ponderación	Esfuerzo de desplazamiento
Tierra agropecuaria	1	Severas limitaciones
Bosque Nativo	4	Sin limitaciones
Área sin cobertura vegetal	3	Pocas limitaciones
Área poblada	1	Severas limitaciones
Cuerpo de agua	1	Severas limitaciones
Vegetación arbustiva y herbácea	4	Sin limitaciones
Infraestructura	1	Severas limitaciones
Plantación Forestal	4	Sin limitaciones
Páramo	3	Sin limitaciones

Cuadro 3. Ponderación de valores para la covariable elevación

Rango de elevación m.s.n.m	Ponderación	Esfuerzo de desplazamiento
1500 – 1800	4	Sin limitaciones
1800 – 2700	3	Pocas limitaciones
1000 – 1500	2	Algunas limitaciones
895 – 1000	1	Severas limitaciones
2700 – 3525	1	Severas limitaciones

Cuadro 4. Ponderación de valores para la covariable pendiente.

Pendiente en grados	Ponderación	Esfuerzo de desplazamiento
0 – 25	4	Sin limitaciones
25 – 30	3	Pocas limitaciones
30 – 60	2	Algunas limitaciones
>60	1	Severas limitaciones

Cuadro 5. Ponderación de valores para la covariable textura del suelo.

Textura de suelo	Ponderación	Esfuerzo de desplazamiento
Franco	4	Sin limitaciones
Franco arcilloso	3	Pocas limitaciones
Franco arenoso	3	Pocas limitaciones
Franco arcilloso arenoso	3	Pocas limitaciones
Limoso	2	Algunas limitaciones
Arenoso francoso	1	Severas limitaciones
Arcilloso limoso	2	Algunas limitaciones
Franco limoso	3	Pocas limitaciones
Arcilloso	1	Severas limitaciones
Arcilloso arenoso	2	Algunas limitaciones
Arena	1	Severas limitaciones

6.4.2 Sitios de conflicto potencial entre humano-oso

Se utilizaron 34 registros de conflicto entre oso – humano (por afectaciones a cultivos o ganadería) en la provincia de Imbabura, colectados por la Prefectura de Imbabura durante

los años 2011 – 2023. Mediante el programa Maxent se realizó un modelamiento de distribución potencial de conflictos en la provincia de Imbabura. Se utilizaron las mismas variables utilizadas en los modelamientos de especies vegetales (Cuadro 1), 19 variables bioclimáticas provenientes de la base de datos WordClim, 12 variables edafológicas, 2 topográficas correspondientes al año 2019, generadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y además se añadió una variable nueva que fue de cobertura y uso de la tierra 2020.

Se decidió utilizar el 25% de los registros para el “random test porcentaje” sugerido por Phillips (2006). Además, se configuró las opciones Linear Features, Quadratic Features y Hinge Features. tomando en cuenta nuestros tamaños de muestra según lo recomendado por (Philips et al., 2004). Finalmente, para comparar la capacidad de discriminación de los distintos modelos se seleccionó la técnica de Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC).

6.4.3 Participación comunitaria para realizar reforestación

Se optó por realizar las encuestas a los pobladores de la provincia de Imbabura, poniendo énfasis en las zonas rurales y periferia que estén en el área de influencia del conflicto oso – humano. Esto con el propósito de obtener información acerca de la voluntad comunitaria para la reforestación de estas zonas con las especies vegetales elegidas, con fines de conservación del oso andino y como solución a largo plazo del conflicto oso – humano.

Se les preguntó acerca de los ataques del oso al ganado y cultivos, además, si creen que la reforestación ayudaría a mitigar el conflicto oso-humano. En los temas en los cuáles se hizo énfasis fueron los de participación en la reforestación, dónde se les preguntó si estarían dispuestos a participar en iniciativas de reforestación y si les gustaría reforestar zonas dentro o en los alrededores de sus tierras privadas. Se puso más interés en estas preguntas porque estos resultados darán una base de información acerca de los territorios con pobladores con más voluntad de cooperación en la participación de la reforestación y los territorios donde haría falta más socialización y educación para que los pobladores apoyen estas iniciativas. Finalmente, se realizaron gráficos en Excel para representar los resultados de las preguntas.

6.5 Priorización final de áreas para reforestación en función a múltiples criterios

Se realizó un análisis multicriterio, es decir se tomó en cuenta múltiples criterios provenientes de los análisis que se generaron para poder llegar a un resultado final que son las áreas con potencial para reforestación con especies de interés para el oso andino.

Como base se usó el criterio de distribución potencial de cada una de las especies vegetales de estudio; a esto se sumaron otros criterios generados como:

- cambio de cobertura y uso de la tierra;
- costos de desplazamiento del oso andino en la zona de estudio
- sitios de conflicto potencial entre humano-oso

El análisis final consistió en dar una ponderación individual a cada categoría de cada criterio mediante la función Calculadora Raster del programa ArcMap. Finalmente se hizo una sobreposición de todos los mapas de los criterios construidos mediante la función Weigthed Overlay de ArcGIS. Al final del proceso se obtuvieron tres niveles de potencial de reforestación que satisfagan los criterios mencionados antes para cada una de las especies forestales elegidas.

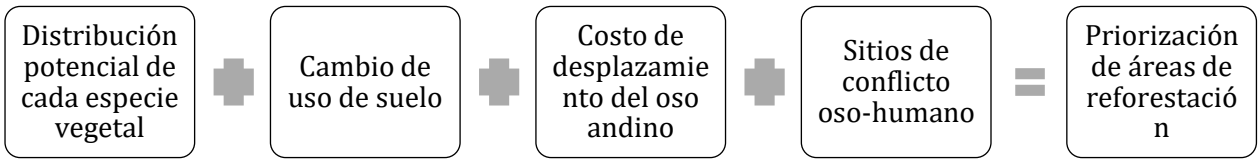


Figura 2. Esquema de construcción de las áreas potenciales de reforestación.

6.6 Sistematización de conocimientos acerca de especies vegetales

Debido a que en la provincia existen dos viveros bien establecidos (en Cotacachi y Angochagua) que son manejados por la Prefectura de Imbabura. Como complemento se hizo trabajo de revisión para la propagación de especies, que es la línea dónde más se tiene vacíos de información.

Para esto se recolectó información bibliográfica y se realizó entrevistas a actores clave y se elaboró una síntesis con toda la información acerca de las plantas de estudio, donde se detallan características botánicas, propagación vegetativa o por semilla, preparación del sustrato, control de plagas de cada una las especies de estudio. Además, a través de los datos obtenidos en este estudio se determinaron los requerimientos edafológicos y ambientales de cada especie vegetal, la ubicación de las fuentes semilleras y los lugares potenciales para reforestación.

6.6.1 Socialización de conocimientos

Toda la información planteada fue socializada mediante un taller participativo con actores clave como comunidades que han sido afectadas por el conflicto oso-humano, así como con la participación de miembros y técnicos de los viveros forestales de la Prefectura de Imbabura y estudiantes de universidades. Esto para que sirva como herramienta para los viveros que actualmente están en funcionamiento en la provincia como son el de Cotacachi y Angochagua y además los comuneros que estén interesados en propagar las especies vegetales propuestas.

Aquí se proporcionó toda la información que se colectó acerca de las plantas en estudio, principalmente se enfatizó en los métodos de propagación y los lugares potenciales para reforestación (modelamientos). Además, se hizo un reconocimiento de las especies mediante muestras botánicas colectadas, dónde los asistentes identificaron cada especie, y aportaron según sus conocimientos, información importante acerca de las especies, que ayudó a enriquecer la información presentada en este documento. Finalmente dieron sus opiniones y recomendaciones acerca de los puntos tratados en la exposición.

RESULTADOS

7.1 Distribución potencial de las especies vegetales de interés para el oso andino

7.1.1 Distribución potencial de *F. cuatrecasasiana*

El valor del AUC del modelo fue de 0.987 en promedio (Figura 3), este es un valor cercano a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica (Elith et al. 2006), esto quiere decir que el modelo tiene una buena capacidad predictiva.

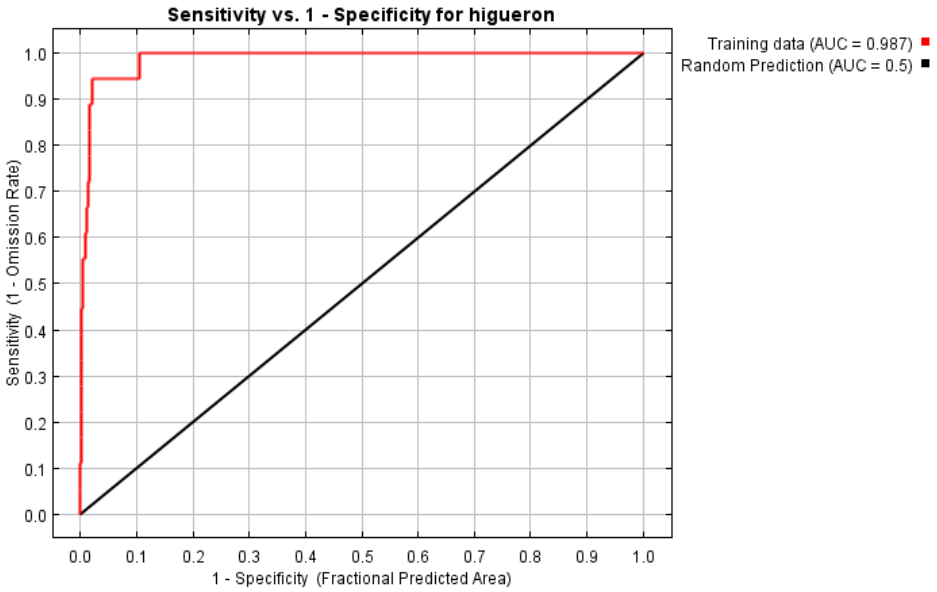


Figura 3. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de entrenamiento del modelo de distribución potencial de *F.cuatrecasana* en la provincia de Imbabura.

La variable con más porcentaje de contribución al modelo es extract_bio16 (precipitación del trimestre más húmedo) con 34.5%, seguido de extract_bio 5 (temperatura máxima del mes más cálido) con 14.6% y extract_bio6 (temperatura mínima del mes más frío) con 13.2% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contribución porcentual de las variables al modelo de *F. cuatrecasasiana*.

Variable	**Porcentaje de contribución**
extract_bio16	34.5
extract_bio15	14.6
extract_bio6	13.2
extract_bio_phi_2	8.4
extract_otx	7.4
extract_bio17	3.6
extract_pfe	2.5
extract_txsm	2.2
extract_inu	2.1
extract_pen	1.8
extract_rmo	1.8
extract_bio7	1.7
extract_bio12	1.4
extract_bio3	1.2
extract_bio5	0.9
extract_rts	0.9
extract_ndr	0.7
extract_bio14	0.3
extract_bio4	0.3
extract_pdr	0.2
extract_bio2	0.2
extract_fld	0.1

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (figura 4) muestran que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio16 (precipitación del trimestre más húmedo), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es extract_phi_2 (potencial hidrógeno), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

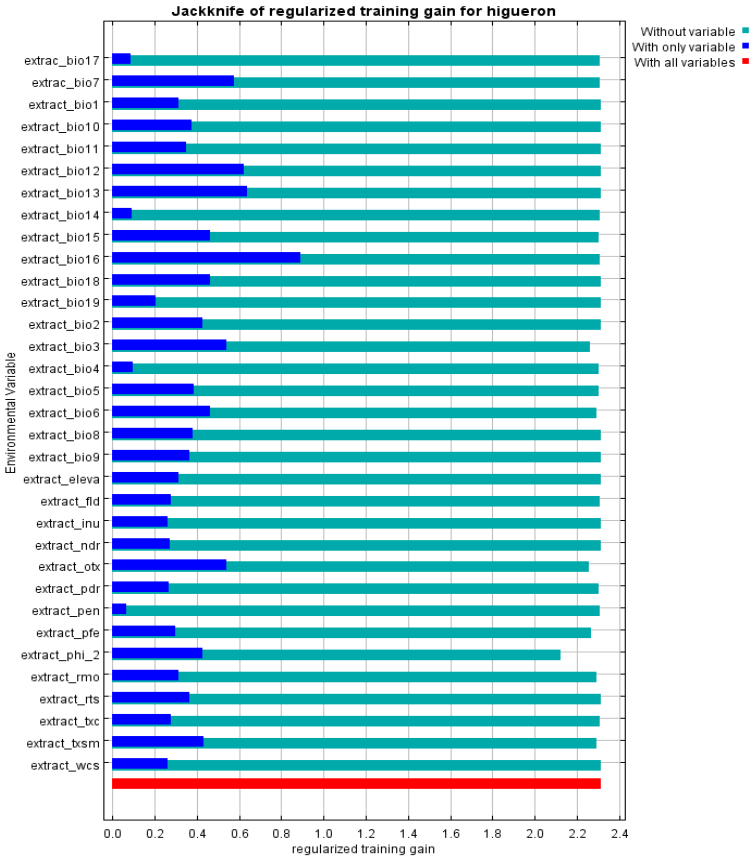


Figura 4. Prueba jackknife de importancia de variable de *F. cuatrecasasiana.*

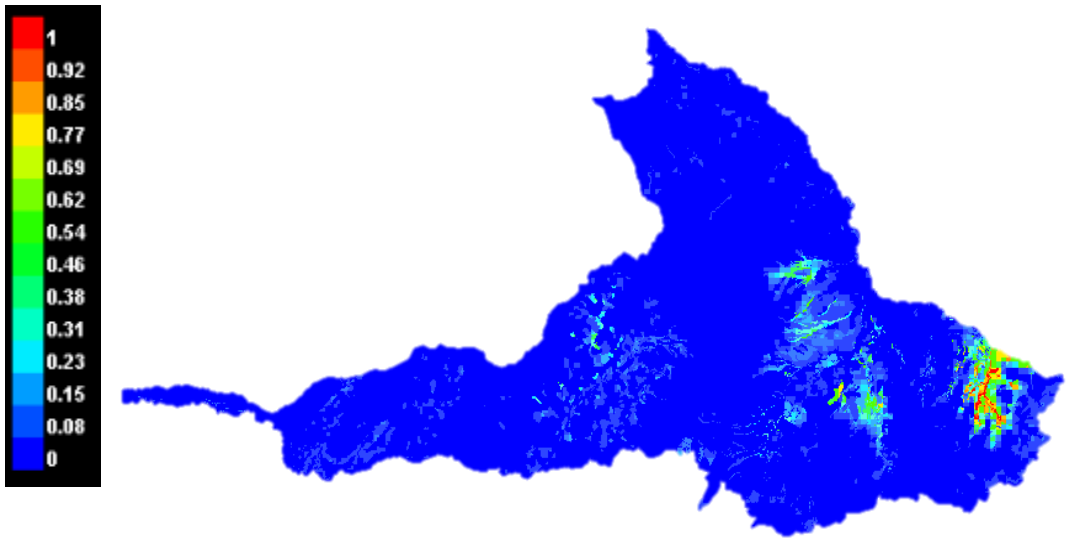


Figura 5. Distribución potencial de *F.cuatrecasasiana* en la provincia de Imbabura.

Las áreas de colores más cálidos indican una alta probabilidad de presencia de *F.cuatrecasasiana* en la provincia de Imbabura y por consiguiente reúnen las condiciones

de idoneidad del hábitat; los colores azulados indican baja probabilidad de presencia por lo cual estas áreas no reúnen las condiciones necesarias de idoneidad del hábitat de la especie (Figura 5).

Tomando en cuenta un umbral de 0.416 la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental para *F.cuatrecasasiana* comprende 19.711,75 ha . Se puede observar en el mapa (Figura 5) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente está en la cordillera oriental, comprendiendo las parroquias de: Chugá, Pimampiro, Mariano Acosta, San Francisco de Sigsipamba, Ibarra, La Esperanza, Urcuquí y Tumbabiro.

7.1.2 Distribución potencial de *H.scabrida*

El valor del AUC del modelo fue de 0.989 en promedio (Figura 6), este es un valor cercano a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica Elith et al. (2006), esto quiere decir que el modelo tiene un buen ajuste y una buena capacidad predictiva.

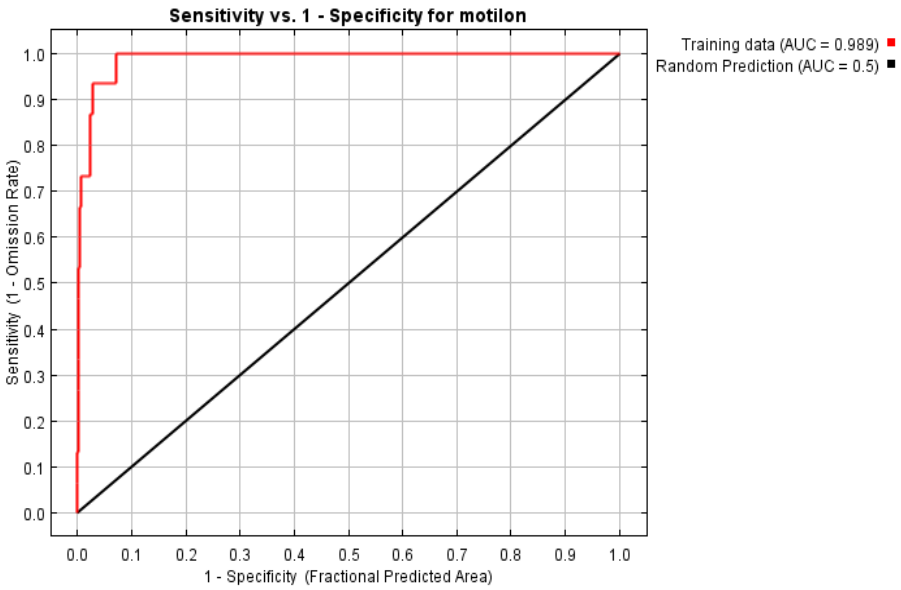


Figura 6. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de entrenamiento del modelo de distribución potencial de *H.scabrida* en la provincia de Imbabura.

Se puede observar que la variable con más porcentaje de contribución al modelo es extract_bio2 (Rango de temperatura diurno promedio) con 23.4%, seguido de extract_bio6 (Temperatura mínima del mes más frío) con 19% y extract_pen (pendiente) con 13% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Contribución de variables al modelo de *H.scabrida*

Variable	Porcentaje de contribución
extract_bio2	23.4
extract_bio6	19
extract_pen	13
extract_bio7	8.8
extract_bio15	5.9
extract_txsm	4.3
extract_bio5	4.2
extract_fld	4
extract_pfe	3.3
extract_pdr	2.8
extract_rmo	2.1
extract_eleva	1.7
extract_ndr	1.6
extract_bio13	1.6
extract_phi_2	1.5
extract_otx	1.3
extract_bio16	0.5
extract_bio19	0.3
extract_bio3	0.3

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (figura 7) muestran que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio6, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es también extract_bio6, que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

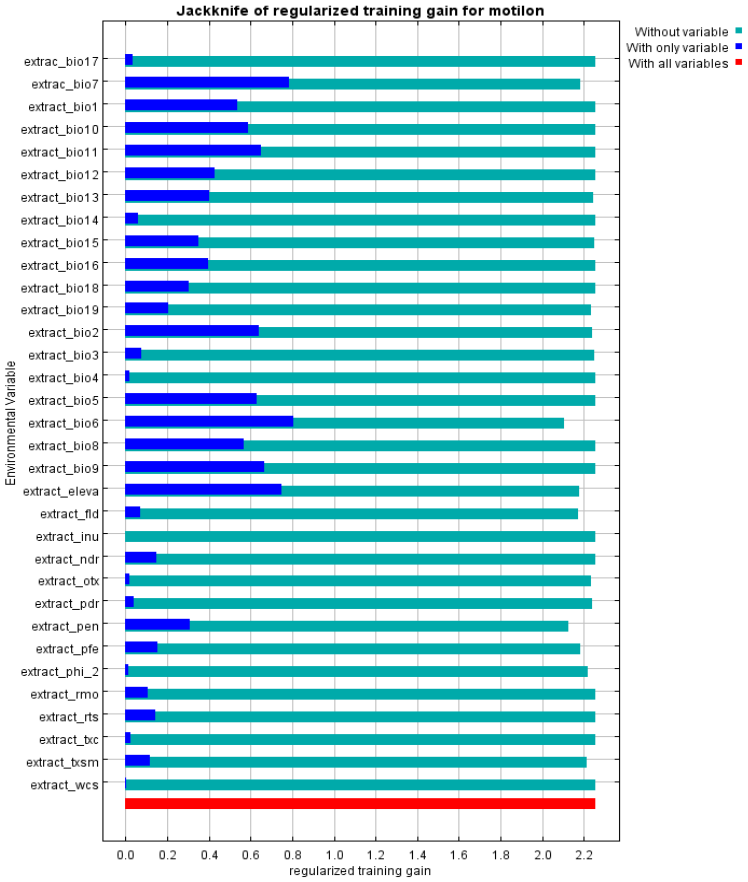


Figura 7. Prueba jackknife, de importancia de variable del modelo de *H. scabrida.*

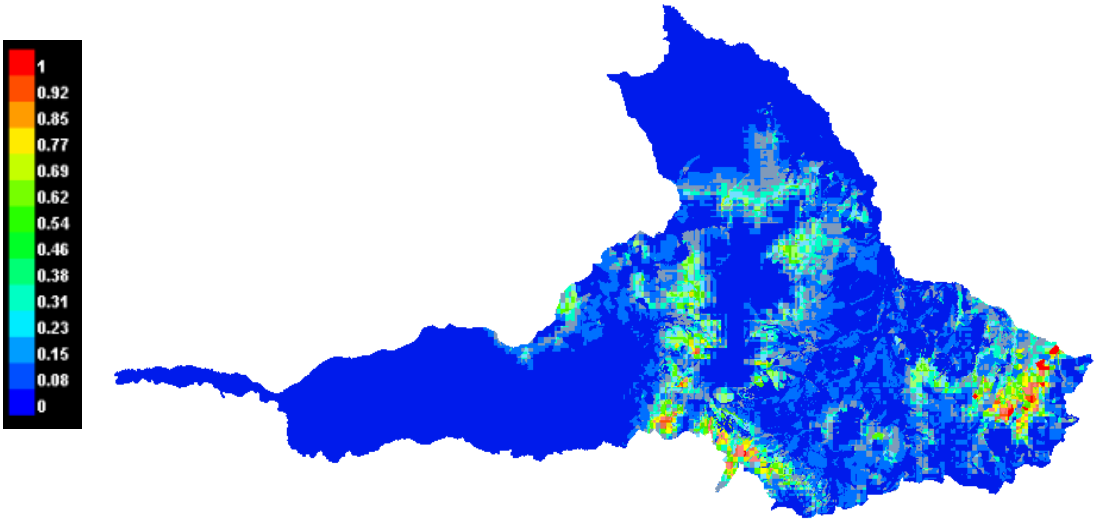


Figura 8. Distribución potencial de *H.scabrida* en la provincia de Imbabura.

Las áreas de color rojo indican una alta probabilidad de presencia de *H.scabrida* en la provincia de Imbabura y por consiguiente reúnen las condiciones de idoneidad del hábitat; los colores azulados indican baja probabilidad de presencia por lo cual estas áreas no reúnen las condiciones necesarias de idoneidad del hábitat de la especie (Figura 8).

Tomando en cuenta un umbral de 0.214, la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental para *H.scabrida* comprende 30.519,08 ha. Se puede observar en el mapa (Figura 8) que la mayor concentración de zonas idóneas se ubica dentro de las parroquias de: San Francisco de Sigsipamba, Pimampiro, Mariano Acosta, Otavalo, Quiroga, San José de Quichinche, Apuela y Cahuasquí.

7.1.3 Distribución potencial de *O.caesariata*

El valor del AUC del modelo fue de 0.990 en promedio (Figura 9), este es un valor cercano a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica Elith et al. (2006), esto quiere decir que el modelo tiene un buen ajuste y una buena capacidad predictiva.

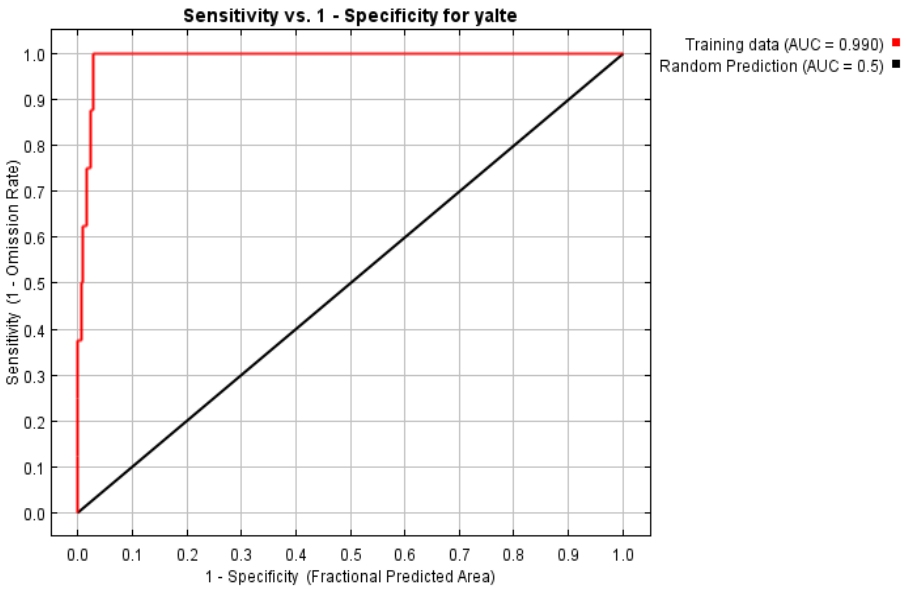


Figura 9. Tendencia de valores del Área Bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de *O.caesariata* en la provincia de Imbabura.

Se puede observar que las variables con más porcentaje de contribución al modelo son extract_txsm (textura superficial) y extract_rts (régimen de temperatura del suelo) con

27.7% cada una, seguido por extract_bio15 (estacionalidad de la precipitación) con 12.4% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contribución de variables al modelo de *O. caesariata*

Variable	**Contribución porcentual**
extract_txsm	27.7
extract_rts	27.7
extract_bio15	12.4
extract_bio2	6.4
extract_pdr	6.1
extract_otx	6.1
extract_pen	3.6
extract_bio5	2.5
extract_bio16	2.3
extract_bio13	2.1
extract_bio6	1.6
extract_bio10	0.4
extract_fld	0.4
extract_txc	0.3
extract_bio3	0.2
extract_bio8	0.1

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (Figura 10) muestran que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio15 (estacionalidad de la precipitación), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es extract_txsm (textura superficial), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

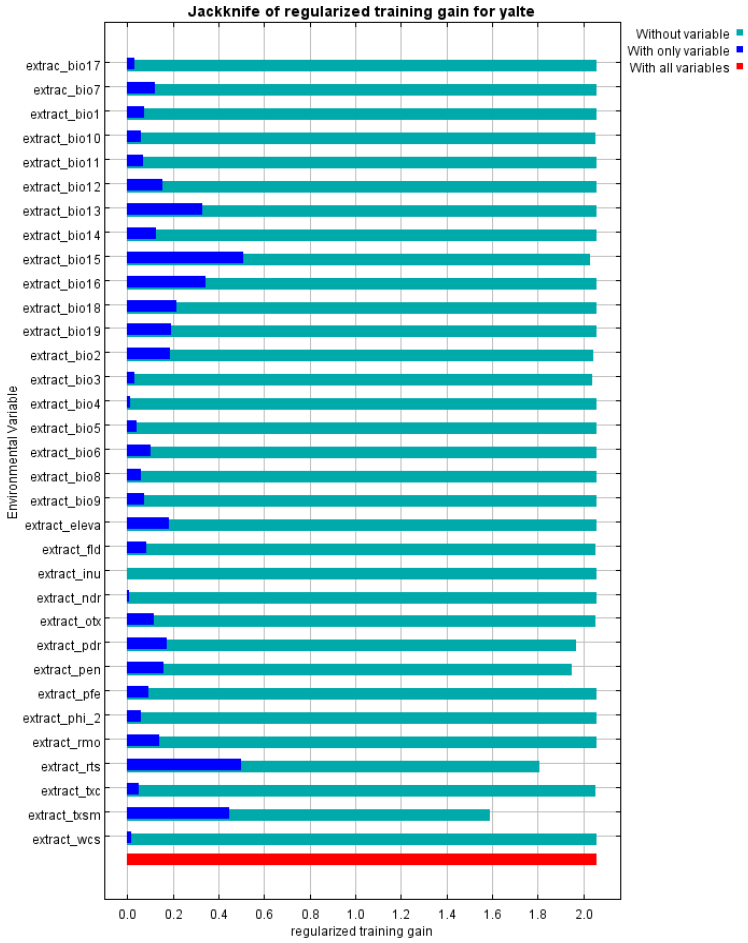


Figura 10. Prueba jackknife de importancia de variable de *O.caesariata*

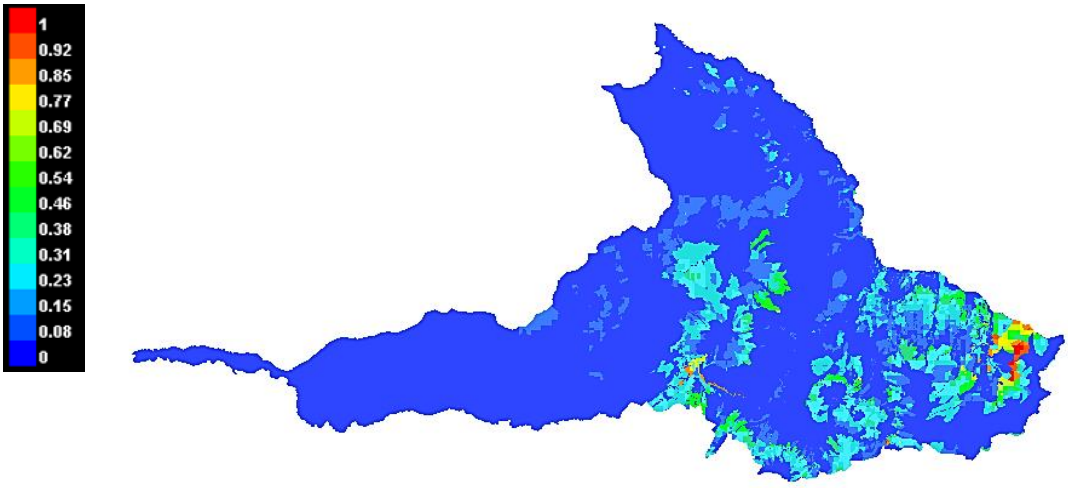


Figura 11. Distribución potencial de *O.caesariata* en la provincia de Imbabura.

Las áreas de color rojo indican una alta probabilidad de presencia de *O.caesariata* en la provincia de Imbabura y por consiguiente reúnen las condiciones de idoneidad del hábitat; el color verde indica baja probabilidad de presencia por lo cual estas áreas no reúnen las condiciones necesarias de idoneidad del hábitat de la especie (Figura 11).

Tomando un umbral de 0.374, la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental para *O.caesariata* comprende 19.129,58 ha. Se puede observar en el mapa (Figura 11) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente, se ubican dentro de las parroquias de: San Francisco de Sigsipamba, Pimampiro, Mariano Acosta, Chugá, Angochagua, San José de Quichinche, San Blas y Ambuquí.

7.1.4 Distribución potencial de *S.bullosa*

El valor del AUC del entrenamiento fue 0.986 y el valor de la prueba fue de 0.957 en promedio (Figura 12), este es un valor cercano a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica Elith et al. (2006), esto quiere decir que el modelo tiene un buen ajuste y por lo tanto una buena capacidad predictiva.

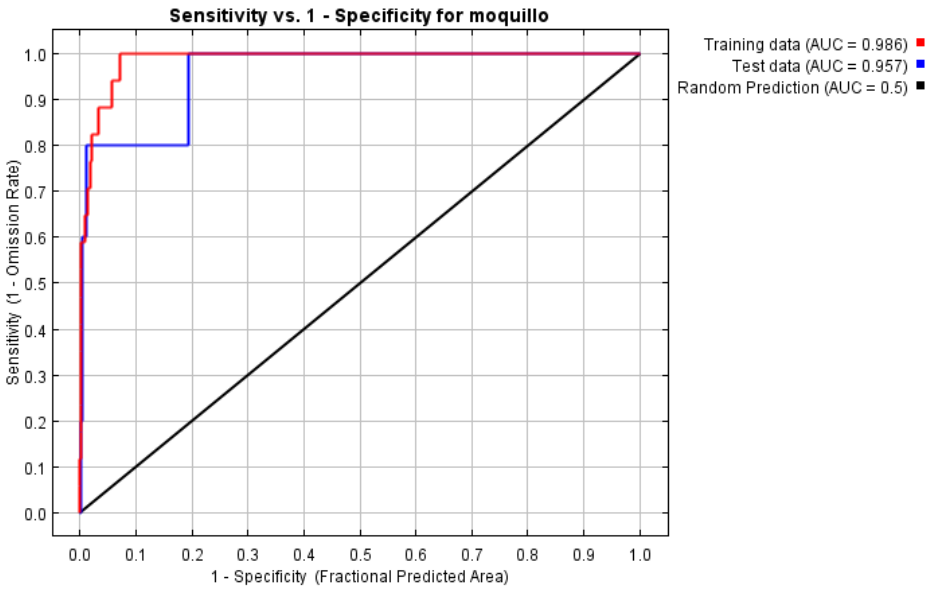


Figura 12. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de *S.bullosa* en la provincia de Imbabura.

Se puede observar que las variables con más porcentaje de contribución al modelo son extract_bio15 (estacionalidad de precipitación) con 25.1%, extract_txsm (textura

superficial) con 19.7% y extract_bio6 (temperatura mínima del mes más frío) con 15.7% (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contribución de variables al modelo de *S.bullosa*

Variable	Contribución porcentual
extract_bio15	25.1
extract_txsm	19.7
extract_bio6	15.7
extract_bio2	13.4
extract_pfe	6.8
extract_bio7	5.1
extract_fld	3.9
extract_bio16	3
extract_phi_2	2.2
extract_otx	1.4
extract_ndr	0.9
extract_bio17	0.9
extract_rmo	0.6
extract_bio19	0.6
extract_pen	0.4
extract_rts	0.2
extract_pdr	0.2

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (Figura 13) muestran que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio15 (estacionalidad de precipitación), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es extract_txsm, que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

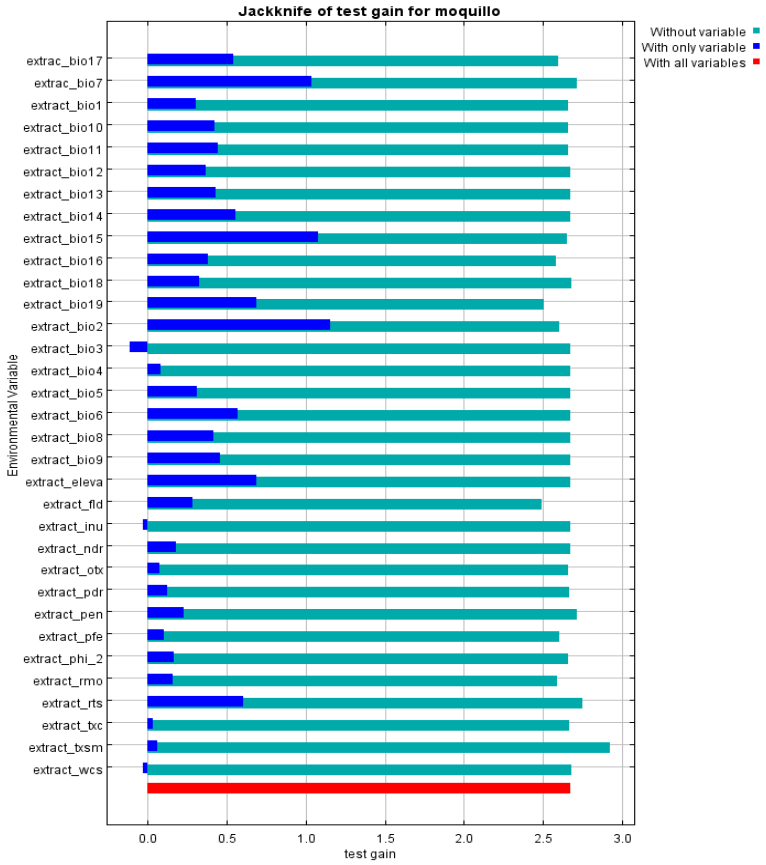


Figura 13. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba de *S.bullosa.*

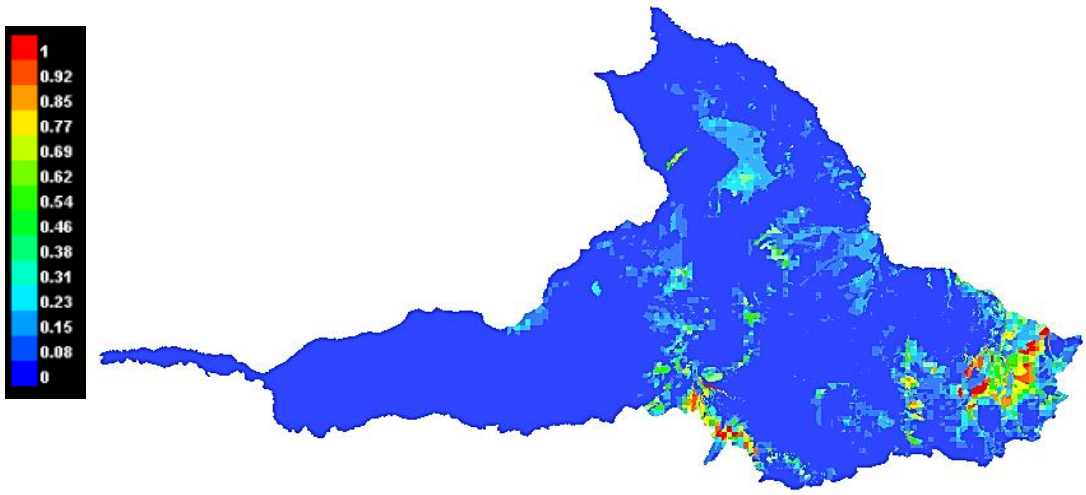


Figura 14. Distribución potencial de *S.bullosa* en la provincia de Imbabura

Las áreas de color rojo indican una alta probabilidad de presencia de *S.bullosa* en la provincia de Imbabura y por consiguiente reúnen las condiciones de idoneidad del hábitat; el color verde indica baja probabilidad de presencia por lo cual estas áreas no reúnen las condiciones necesarias de idoneidad del hábitat de la especie (Figura 14).

Tomando en cuenta un umbral de 0.232, la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental para *S.bullosa* comprende 31.234,08 ha. Se puede observar en el mapa (Figura 14) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente, se ubican dentro de las parroquias de: San Francisco de Sigsipamba, Pimampiro, Mariano Acosta, Angochagua, Quiroga, San José de Quichinche y La Merced de Buenos Aires.

7.1.5 Distribución potencial de *O.pachypoda*

El valor del AUC de la prueba fue de 0.988 en promedio (Figura 15), este es un valor cercano a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica Elith et al. (2006), esto quiere decir que el modelo tiene un buen ajuste y una buena capacidad predictiva.

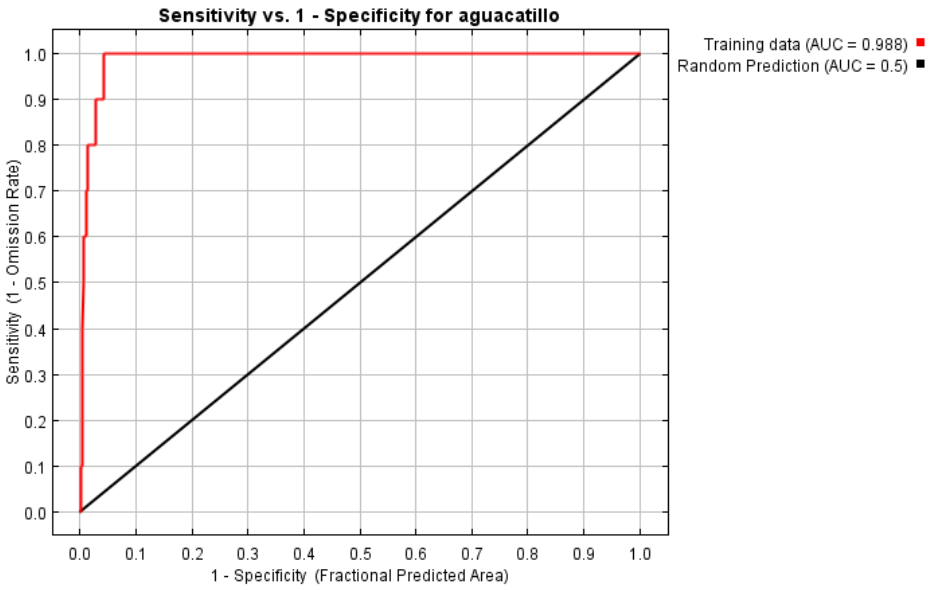


Figura 15. Tendencia de valores del Área bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba del modelo de distribución potencial de *O.pachypoda* en la provincia de Imbabura.

Se puede observar que las variables con más porcentaje de contribución al modelo son extract_bio19 (precipitación del trimestre más frío) con 22.7%, extract_bio7 (rango anual de temperatura) con 21.4% y extract_bio14 (precipitación del mes más seco) con 19.4% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contribución de variables al modelo de *O.pachypoda*

Variable	Contribución porcentual
extract_bio19	22.7
extract_bio7	21.4
extract_bio14	19.4
extract_fld	15.7
extract_phi_2	13
extract_bio15	5.2
extract_otx	1.7
extract_bio18	0.4
extract_pfe	0.4
extract_pdr	0.2

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (Figura 16) muestran que La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio14 (precipitación del mes más seco), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí sola. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es extract_fld (fertilidad), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

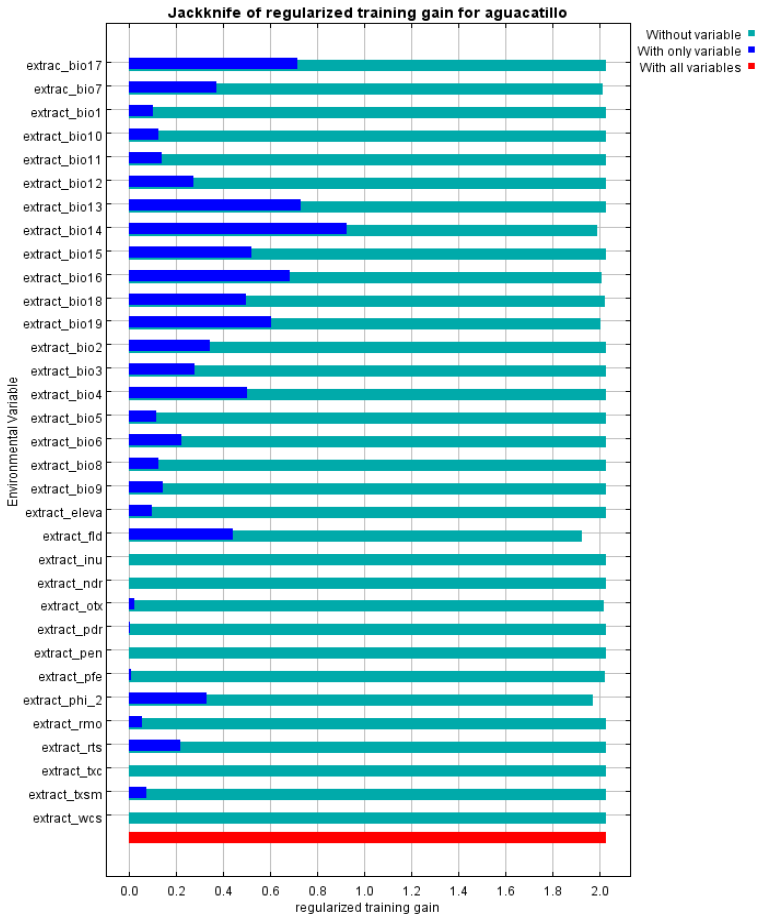


Figura 16. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba de *O.pachypoda.*

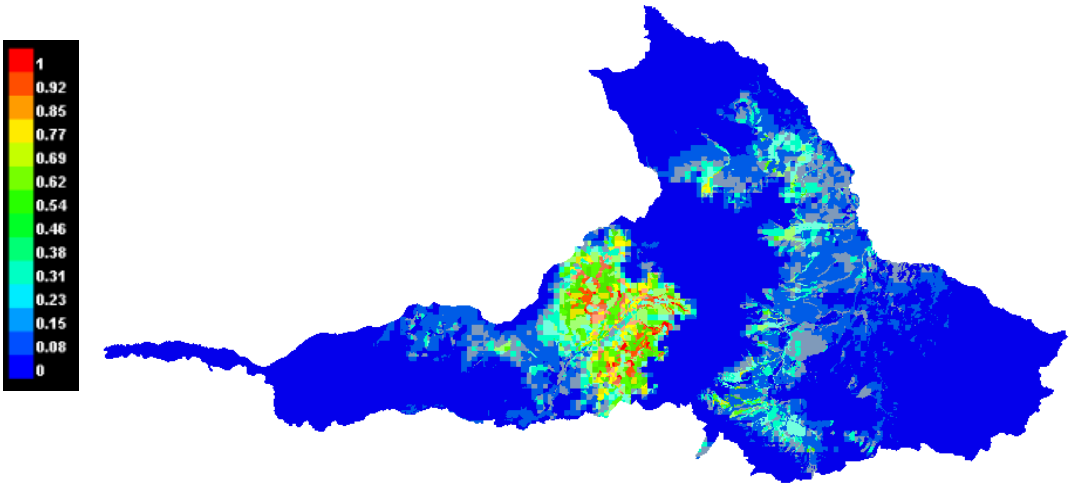


Figura 17. Distribución potencial de *O.pachypoda* en la provincia de Imbabura

Las áreas de color rojo indican una alta probabilidad de presencia de *O.pachypoda* en la provincia de Imbabura y por consiguiente reúnen las condiciones de idoneidad del hábitat; el color verde indica baja probabilidad de presencia por lo cual estas áreas no reúnen las condiciones necesarias de idoneidad del hábitat de la especie (Figura 17).

Tomando un umbral logístico de 0.399, la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental para *O.pachypoda* comprende 48.224,93 ha. Se puede observar en el mapa (Figura 17) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente está en la cordillera occidental, comprendiendo las parroquias de: Selva Alegre, Plaza Gutiérrez, Apuela, Cuellaje y Peñaherrera.

7.2. Análisis Multitemporal de Cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y 2020.

7.2.1 Tasas de cambio entre los años 2000 y 2020.

Los cambios más significativos que se identificaron entre los años 2000 al 2020, fueron: una reducción de bosque nativo con 179.315,66 ha, con un porcentaje de tasa de cambio anual de -6.14% y una reducción en el porcentaje de ocupación de 38.05%; la zona agropecuaria muestra un aumento en la superficie de 174.845,7 ha, una tasa de cambio anual de 14.49% y un aumento de ocupación de 37.1%; el área poblada muestra un aumento en 3418.23 ha y una tasa de cambio anual del 7.73%, al igual que la categoría de infraestructura con un aumento en su superficie de 403,76 ha. y una tasa de cambio anual de 6.16% (cuadro 11).

Cuadro 11. Tasa de cambio y porcentaje de ocupación de cada categoría de cobertura y uso de la tierra de los años 2000 y 2020

	Superficie (ha)	Superficie (ha)	Tasas de cambio	Tasas de cambio (%)	% Ocupación	% Ocupación
	2000	2020	2000_2020	2000_2020	2000	2020
AREA POBLADA	2.094,93	5.513,16	0,077	7,73	0,44	1,17
AREA SIN COBERTURA VEGETAL	617,77	952,95	0,034	3,39	0,13	0,20
BOSQUE NATIVO	319.367,94	140.052,28	-0,061	-6,14	67,77	29,72
INFRAESTRUCTURA	343,68	747,47	0,062	6,16	0,07	0,16
CUERPO DE AGUA	3.519,62	2.988,17	-0,013	-1,25	0,75	0,63
PARAMO	54.256,34	62.537,25	0,011	1,10	11,51	13,27

PLANTACION FORESTAL	1.049,45	1.987,67	0,050	5,04	0,22	0,42
TIERRA AGROPECUARIA	36.367,51	21.1213,21	0,145	14,49	7,72	44,82
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	53.620,07	45.245,16	-0,013	-1,30	11,38	9,60
TOTAL	471.237,31	471.237,31			100,00	100,00

7.2.2 Matriz de transición y mapa de cambios de cobertura y uso de tierra

Como resultado de los cambios que existieron entre coberturas y usos de la tierra a través de los años 2016 y 2020, se muestra una matriz de transición. Cabe mencionar que las celdas de color gris indican el área de las categorías que se han mantenido entre el año 2000 al 2020 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Matriz de transición de las coberturas y usos de suelo entre los años 2000 y 2020.

	Área sin Cobertura Vegetal	**Bosque Nativo**	**Cuerpo de agua**	**Páramo**	**Plantación Forestal**	**Tierra agropecuaria**	**Vegetación arbustiva y herbácea**	**Área poblada**	**Infraes_ tructura**
Área sin cobertura vegetal	1.746	50,13	1,36	456,12		58,12	14,25	20,34	
Bosque Nativo	497,98	138.128,87	242,10	2.288,64	781,83	159.473,66	14.858,62	2.791,04	
Cuerpo de agua	31,22		2.624,42	48,39	0,36	745,38	56,00	11,60	2,25
Páramo	344,69	59,58		52.248,92	159,21	1.222,27	207,09		
Plantación forestal		9,36	0,54	122,14	314,73	587,46	15,03		0,18
Tierra agropecuaria	12,96	1.767,98	31,59	253,27	338,94	32.016,31	16.47,54	239,39	59,53
Vegetación arbustiva y herbácea	48,64	36,36	73,58	7.119,76	392,60	17.110,02	28.446,62	355,86	36,64
Área poblada								2.094,93	
Infraestructura									343,68

Hay cambios notables de bosque nativo a tierra agropecuaria con 159.473,66 ha, en gran parte de la cordillera oriental y occidental, estos cambios podrían favorecer en la

generación de las interacciones negativas entre oso andino – humano en algunas de estas zonas.

Otro cambio evidente es el de cobertura arbustiva y herbácea hacia tierras agropecuarias con una superficie de 17.110,02 ha, especialmente en las zonas del cantón Pimampiro, esto es negativo porque puede poner en riesgo la conservación de estos ecosistemas desplazados por los sistemas agrícolas y ganaderos.

Otro cambio notable es el de tierra agropecuaria a vegetación herbácea y arbustiva en 16.47,54 ha, que puede deberse a un abandono de tierras.

Así mismo un cambio considerable es del bosque nativo a vegetación herbácea y arbustiva en 14.858,62 ha.

Además, se identificó un proceso de recuperación debido al cambio de la superficie de cobertura de tierra agropecuaria a bosque nativo (1.767,98 ha) principalmente en áreas de La Merced de Buenos Aires, Lita y García Moreno. Así mismo se observa un cambio de cobertura de tierra agropecuaria a vegetación arbustiva y herbácea (352,51 ha).

Finalmente, se pueden observar gráficamente de manera detallada, los cambios de uso de cobertura y uso de la tierra entre los años 2.000 y 2.020. Claramente se observa que el cambio más notorio es el de bosque nativo hacia tierra agropecuaria (color rojo) (Figura 18)

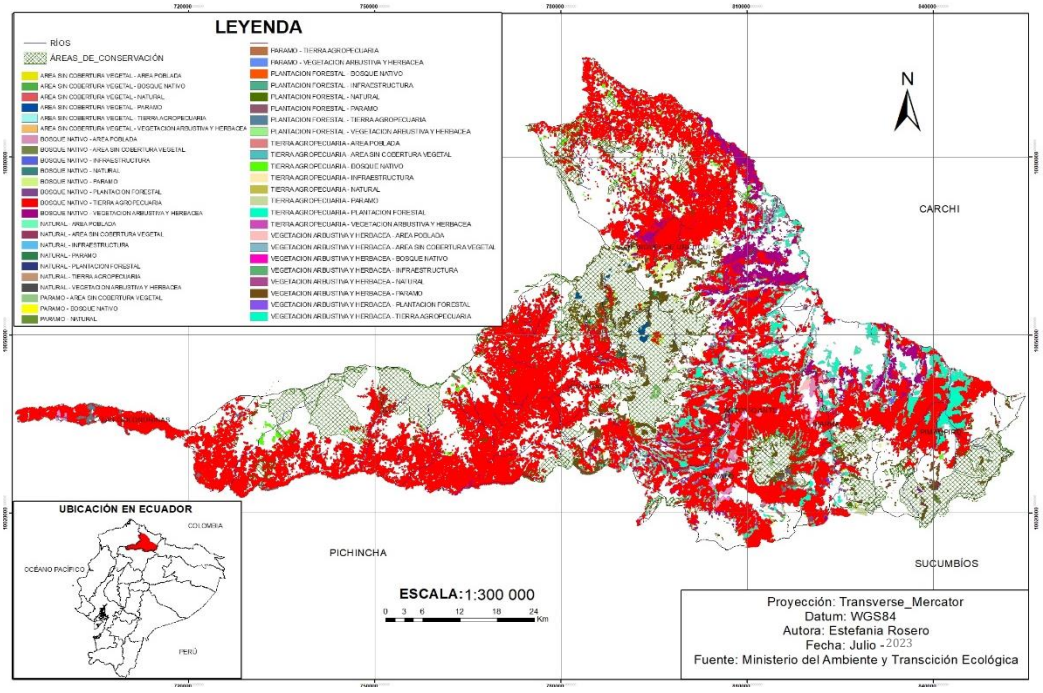


Figura 18. Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y el 2020.

7.1.3 Deforestación en el periodo 2000- 2020

Con los datos generados se pudo calcular la deforestación bruta anual donde, para el periodo 2000 – 2020 la cobertura de bosque nativo pasó a otros usos en 9.046,69 ha / año. En cambio, la regeneración anual de bosque fue de 96.17 ha/año. Dando como deforestación neta un resultado de 8.950,52ha/año.

7.3 Criterios para la priorización final de áreas para reforestación

7.3.1 Costos de desplazamiento de oso andino

El resultado de modelamiento de superposición ponderada ha sido un ráster que sintetiza la jerarquía de importancia de covariables que representan el esfuerzo de desplazamiento del oso andino en la provincia de Imbabura. A partir de esto se tiene un mapa de costos de desplazamiento del oso andino donde se determina cuatro niveles, los cuales representan tanto el menor como el mayor costo de desplazamiento del oso en el área de estudio (Figura 19).

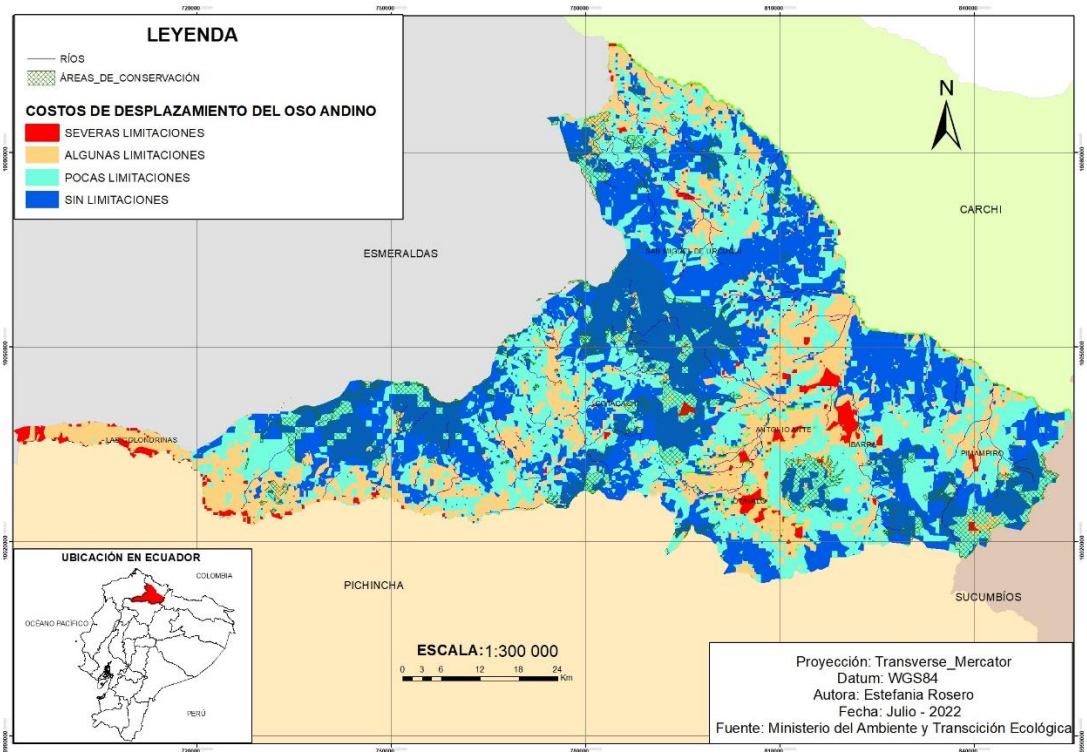


Figura 19. Costos de desplazamiento del oso andino

En el cuadro 13, se puede observar las superficies y ocupaciones de los distintos niveles de desplazamiento del oso andino. El área sin limitaciones para el oso andino comprende 114.659 ha con una ocupación de 29.11%, estas áreas cumplen las condiciones apropiadas de disponibilidad de hábitat, pendiente del terreno, elevación y textura de suelo, por lo tanto, el desplazamiento del oso andino sería muy adecuado. El área que tiene pocas limitaciones comprende 167.342 ha, con una ocupación de 42.48%, el desplazamiento para el oso en estas zonas sería medianamente adecuado. El área con algunas limitaciones sería poco adecuada para el desplazamiento del oso andino, esta tiene una superficie de 103.107 ha con una ocupación de 26.18%. Finalmente, el área con severas limitaciones no tendría las condiciones adecuadas para el desplazamiento del oso andino, estas comprenden una superficie de 8.805 ha y una ocupación de 2.24%.

Cuadro 13. Superficie y porcentaje de ocupación de niveles de desplazamiento del oso andino

	Jerarquía de ponderación	Esfuerzo de desplazamiento	Desplazamiento	Superficie (ha)	Ocupación (%)
Costos de desplazamiento	4	Sin limitaciones	Muy adecuado	114.659	29,11
	3	Pocas limitaciones	Medianamente adecuado	167.342	42,48
	2	Algunas limitaciones	Poco adecuado	103.107	26,18
	1	Severas limitaciones	Inadecuado	8.805	2,24

7.3.2. Sitios de conflicto oso – humano.

El valor del AUC del entrenamiento fue de 0.949 y el valor la prueba fue de 0.854 en promedio (Figura 20), estos son valores cercanos a 1 y además supera el umbral de 0.75 sugerido por la literatura científica Elith et al. (2006), esto quiere decir que el modelo tiene un buen ajuste y por lo tanto una buena capacidad predictiva.

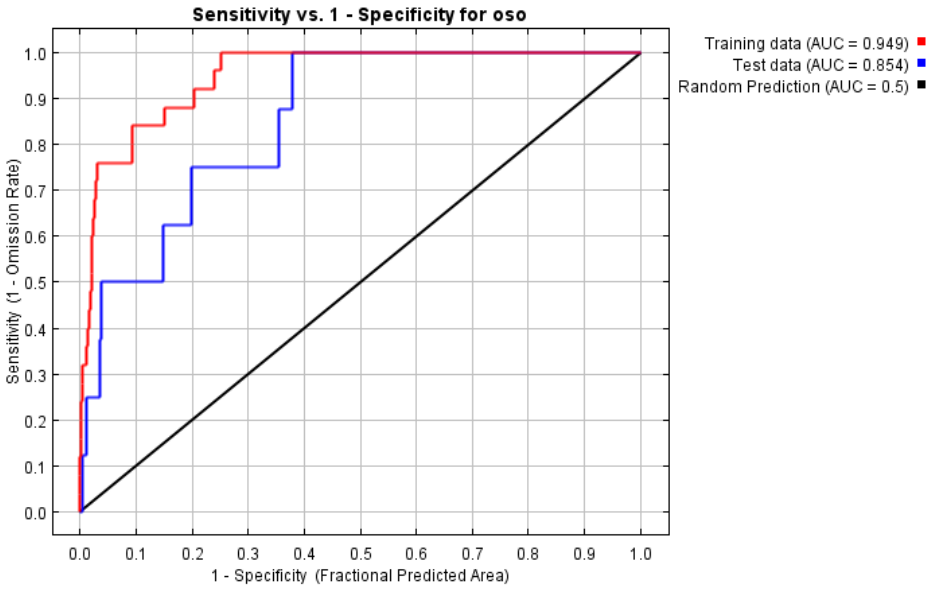


Figura 20. Tendencia de valores del Área Bajo La Curva (AUC) de los datos de prueba y entrenamiento del modelo de distribución potencial del conflicto oso-humano en la provincia de Imbabura.

En el cuadro 14 se puede observar que las variables con más porcentaje de contribución al modelo son extract_bio2 (Rango de temperatura diurno promedio) con 23.9% y extract_cob_ (Cobertura de suelo (2020)) con 9%.

Cuadro 14. Contribución de variables al modelo de conflicto oso-humano

Variable	Porcentaje de contribución
extract_bio2	23.9
extract_cobertura	9
extract_txsm	8.3
extract_ndr	8
extract_rts	6.7
extract_otx	6.4
extract_bio4	5.7
extract_bio15	5.4
extract_txc	4.5
extract_pdr	4.1
extract_fld	3.4
extract_bio16	2.8
extract_pen	2.7
extract_phi	2.4
extract_pfe	1.5
extract_rmo	1.4
extract_bio7	1.3
extract_bio9	1
extract_bio6	0.6
extract_wcs	0.3
extract_bio3	0.2
extract_bio19	0.1
extract_bio18	0.1
extract_bio17	0.1

Los resultados de la prueba jackknife de importancia de variable (Figura 21) muestran que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es extract_bio7 (Rango anual de temperatura), que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que más reduce la ganancia cuando se omite es extract_otx (orden de suelos), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

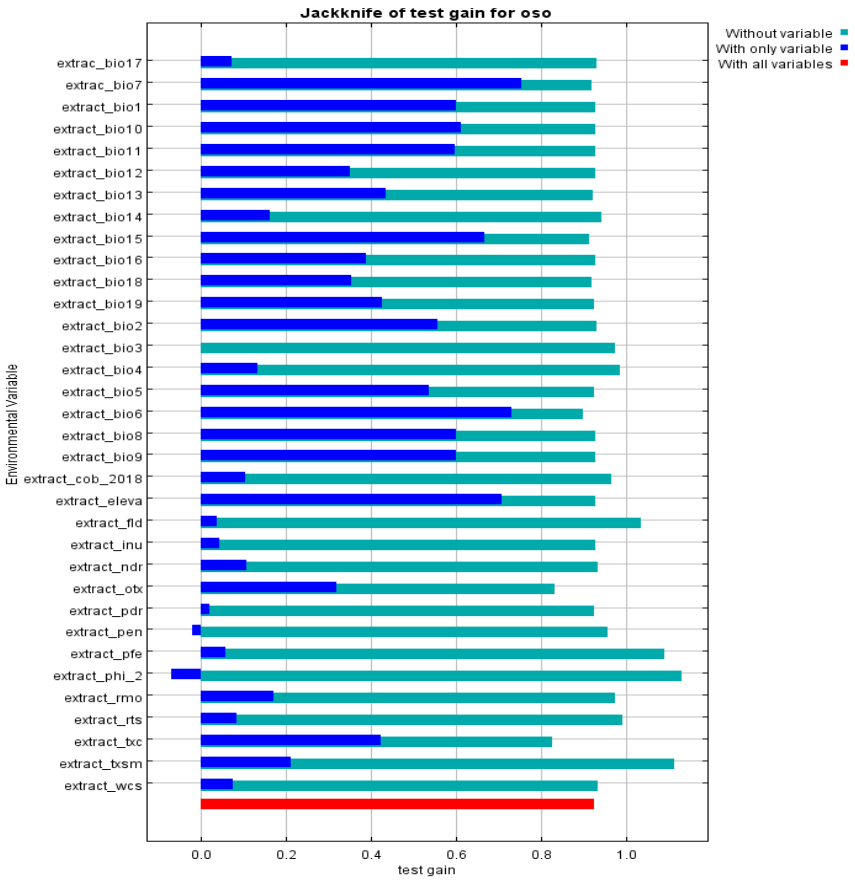


Figura 21. Prueba jackknife de importancia de variable de la muestra de prueba del modelo conflicto oso-humano.

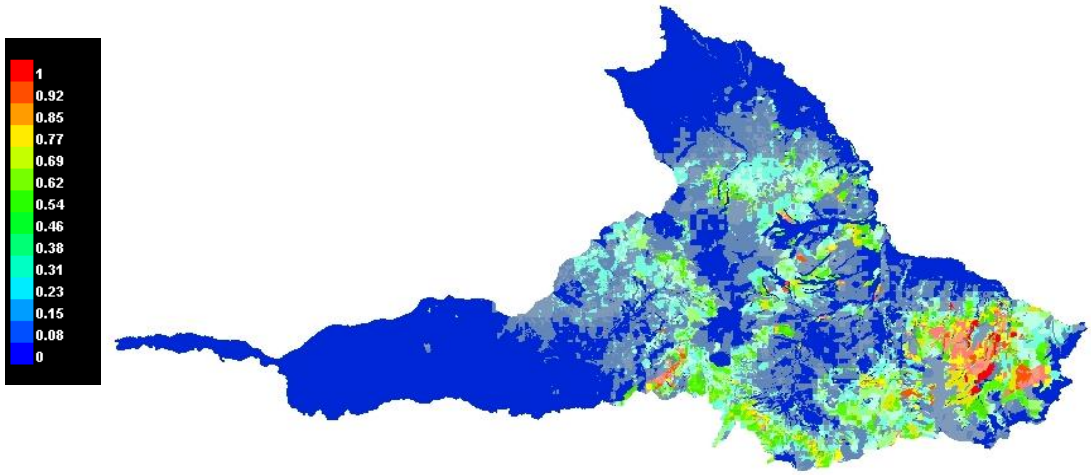


Figura 22. Conflicto potencial oso-humano en la provincia de Imbabura

Las áreas de color rojo indican una alta probabilidad de presencia de conflicto en la provincia de Imbabura; los colores azulados indican baja probabilidad de presencia de conflicto oso-humano (Figura 22). Considerando un umbral de 0.31, la superficie total del área donde existe probabilidad de conflicto comprende 114.105,74 ha. Se puede observar en el mapa que las zonas con más probabilidad de conflicto se ubican dentro de las parroquias de: San Francisco de Sigsipamba, Mariano Acosta, Angochagua, Ambuquí y Selva Alegre.

7.3.3 Voluntad de participación comunitaria en la reforestación.

Se llevaron a cabo un total de 296 encuestas a los habitantes de la zona de influencia de conflicto en Imbabura, en cada una de las parroquias de se realizaron de 15-20 encuestas. Los resultados de las preguntas se muestran a continuación:

Con respecto a las razones del porqué ataca el oso al ganado y/o se come los cultivos, según las encuestas realizadas a los pobladores del área de influencia del conflicto oso-humano, el 45% de las personas manifiestan que el oso ataca por falta de alimento natural, el 24% no sabe la razón del porqué ataca, el 16% afirma que el oso ataca porque probó y le gustó, el 4% de las personas encuestadas piensan que los osos atacan porque son osos carnívoros traídos de zoológicos por el gobierno, un 2% menciona que se debe al mal manejo de cultivos y ganado y otro 2% afirma que los osos están atacando porque hay una sobrepoblación de individuos y necesitan más alimento (Figura 23).

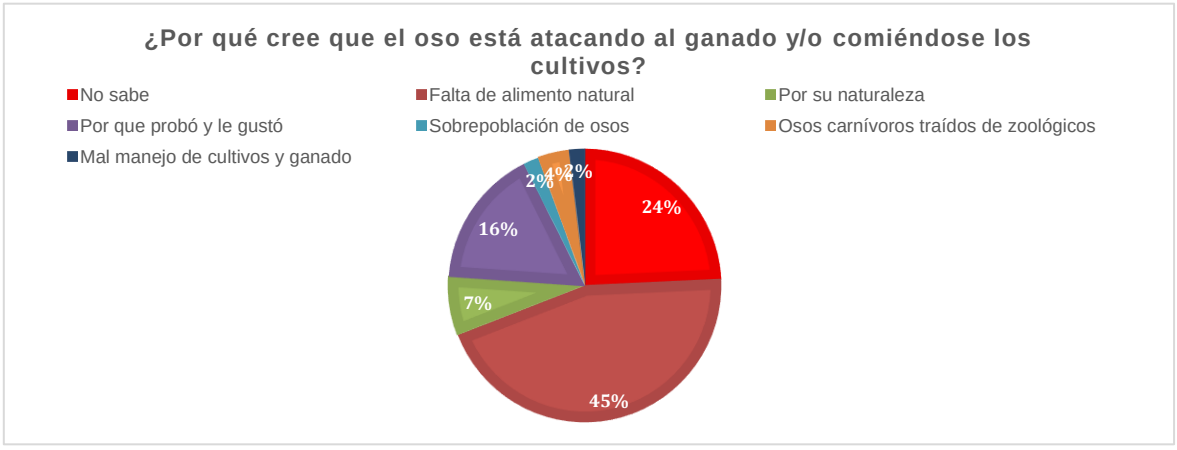


Figura 23. Causas del ataque del oso andino al ganado y/o cultivos, mencionadas por los pobladores encuestados.

Asimismo, el 65% de los pobladores encuestados del área de influencia del conflicto creen que la siembra o plantación de especies que producen frutos de los que se alimenta el oso andino si ayudará a evitar o disminuir los ataques; en cambio el 35% de las personas encuestas no creen que la reforestación funcione para disminuir o evitar los ataques del oso a ganados o a cultivos (Figura 24).

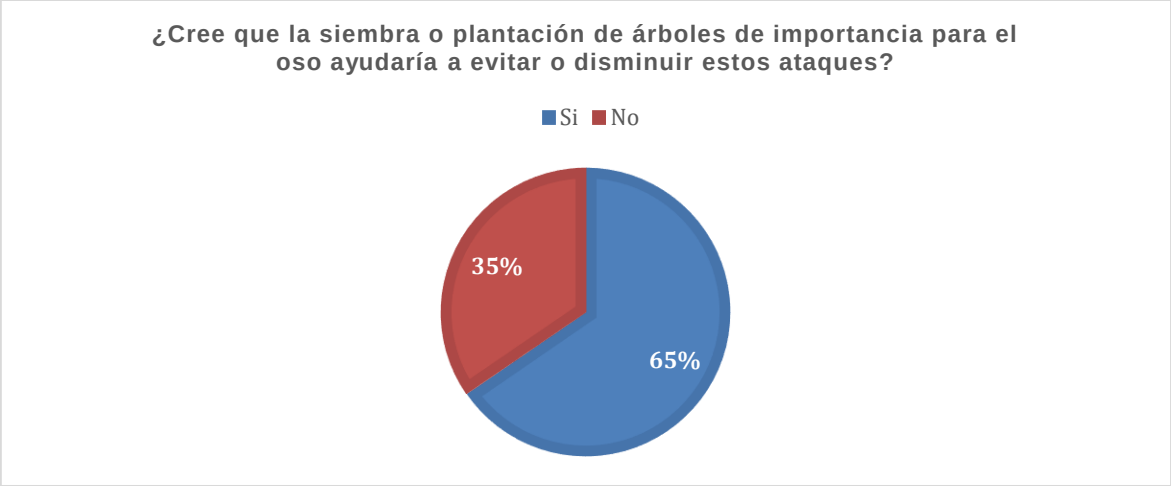


Figura 24. Perspectiva de los pobladores encuestados hacia la reforestación como una solución del conflicto oso-humano.

En cuanto a la voluntad de participación en la reforestación de los pobladores encuestados en el área de influencia del conflicto, el 64% de los pobladores encuestados les gustaría participar en iniciativas de reforestación para la comunidad, y el 36% no les gustaría participar. Se puede ver que los encuestados de las parroquias de Lita y Selva Alegre tienen menos voluntad para apoyar iniciativas de reforestación; los encuestados de las parroquias de Ibarra, Chugá y Buenos Aires tienen más predisposición para apoyar iniciativas de reforestación (Figura 25).

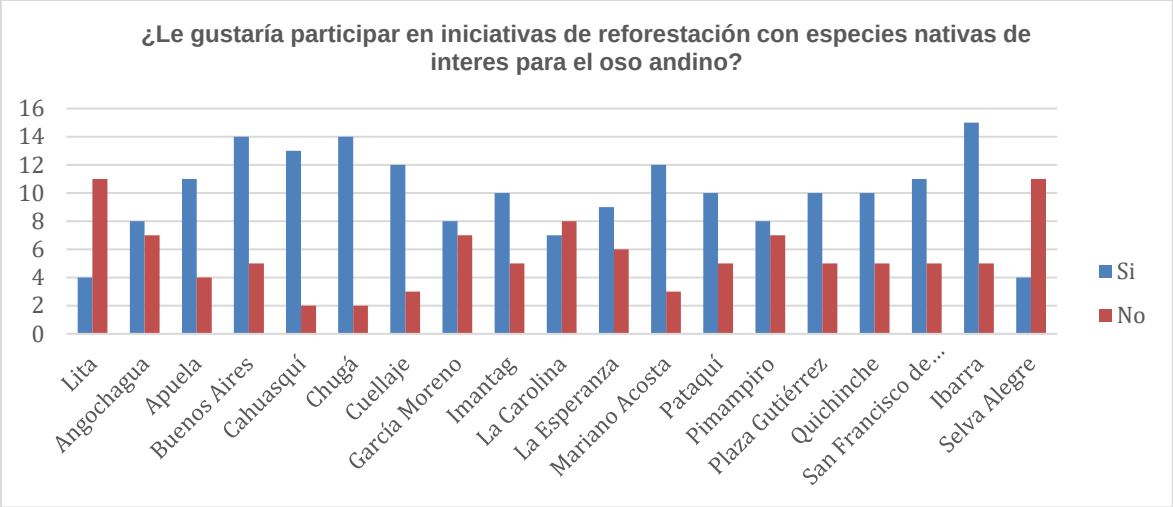


Figura 25. Voluntad de los pobladores encuestados para participar en la reforestación

El 57% de los encuestados les gustaría incluir alguna de las especies de estudio en sus terrenos, el 43% no les gustaría. Las parroquias dónde existen más comuneros que quisieran incluir alguna de las especies en estudio con fines de reforestación son Ibarra, buenos Aires, Chugá y 6 de Julio Cuellaje. Los comuneros de Otavalo, La Carolina y Lita son los menos interesados de incluir las especies en su terreno (Figura 26).

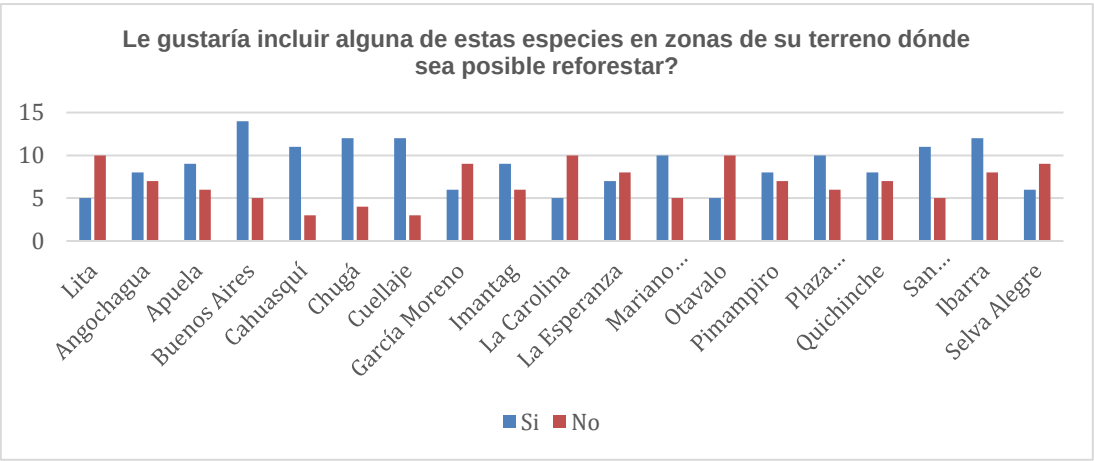


Figura 26. Inclusión de especies en estudio en terrenos privados para reforestación.

7.3.4 Priorización final mediante modelos multicriterio

Una vez que se ha determinado las áreas de distribución potencial de cada especie vegetal, el cambio de uso de suelo, el menor costo de desplazamiento del oso andino y los sitios de conflicto oso – humano, se pudo modelar las áreas de reforestación a partir de estos insumos construidos en el área de estudio.

A continuación, se muestran las áreas de reforestación para cada una de las especies vegetales de interés para el oso andino, en la provincia de Imbabura. Se tienen 4 niveles de potencial para reforestación donde:

Potencial alto. _ comprenden áreas donde se tendrían las mejores condiciones para reforestación. Estas áreas tienen las condiciones edafológicas y climáticas óptimas para el desarrollo de cada una de las especies vegetales, tienen pocas limitaciones o no tienen limitaciones para el desplazamiento del oso, son zonas con potencial bajo a medio de conflicto oso-humano y, además, son tierras con vegetación arbustiva y herbácea o tierras agropecuarias que están en los límites de bosques o páramos (con aptitud forestal).

Potencial medio. _ comprenden áreas donde se tendrían condiciones regulares para reforestación. Estas áreas tienen buenas condiciones ambientales y edafológicas para que se desarrolle cada una de las especies, sin embargo, presentan pocas o algunas limitaciones para el desplazamiento del oso andino y están dentro de la zona con potencial medio a alto de conflicto oso – humano. En su mayoría tienen un uso y cobertura de suelo de tierra agropecuaria y algunas de vegetación herbácea y arbustiva. Si bien actualmente no sería recomendable reforestar, son áreas que no se omiten ya que no se descarta que en un futuro exista algún abandono de terreno o cambio de uso suelo y sean áreas con potencial para reforestar.

Potencial bajo. _ comprenden áreas donde actualmente no se tiene las condiciones convenientes para la reforestación. Estas áreas tienen condiciones ambientales y edafológicas medianas a bajas para el desarrollo de cada una de las especies, además presentan algunas a severas limitaciones para el desplazamiento del oso andino, en su mayoría tienen un uso y cobertura de suelo de bosque nativo o plantación forestal dónde obviamente sería imposible reforestar actualmente y también comprenden algunas zonas de tierra agropecuaria que están dentro de la zona de conflicto potencial alto. Si bien

actualmente no sería recomendable o imposible reforestar, son áreas que no se omiten ya que no se descarta que en un futuro se las pueda tomar en cuenta por algún cambio de uso de suelo.

Sin potencial. _ comprenden áreas donde no se podría reforestar con las especies vegetales de estudio ya que las mismas no se distribuyen potencialmente en estas áreas.

7.3.4.1 Áreas con potencial de reforestación con *F. cuatrecasasiana*

Las zonas con alto potencial de reforestación con higuerón comprenden 4.404, 90 ha. Como se puede ver en la Figura 27, los fragmentos más visibles con potencial alto de reforestación están ubicados en la cordillera oriental. Dentro de la parroquia de Cahuasquí, hay un área importante de vegetación herbácea que conectaría hacia el páramo del Área Protegida (AP) Cotacachi-Cayapas; también se ve una zona en Ibarra que conectaría fragmentos de bosque; en Chugá y Pimampiro hay áreas de amortiguamiento entre bosque y tierra agropecuaria; en Sigsipamba zonas que contienen parte del río pisque, río blanco y quebrada Amaguaña y que también conectarían con bosques protectores (Neblina sur).

Las zonas con un potencial medio de reforestación comprenden 7.466,64 ha. Aquí son bastante visibles las áreas que están dentro de Sigsipamba, Pimampiro y Mariano Acosta y que están ubicadas en gran parte de quebradas y ríos como: el rio Pisque, rio Chamachan, rio Blanco y quebradas como Huambia, La Amaguaña y La florida. Aunque son áreas que contienen importantes afluentes, el modelaje las arroja en áreas de potencial medio, por lo cual se tendría que ver la viabilidad para reforestar tomando en cuenta que estas áreas son cercanas a tierras agropecuarias y están dentro de la zona de influencia del conflicto oso-humano.

Las zonas con un bajo potencial de reforestación comprenden 7.840,21ha. Las áreas más visibles están ubicadas dentro de las parroquias de Pimampiro, La Esperanza, Tumbabiro y San Roque.

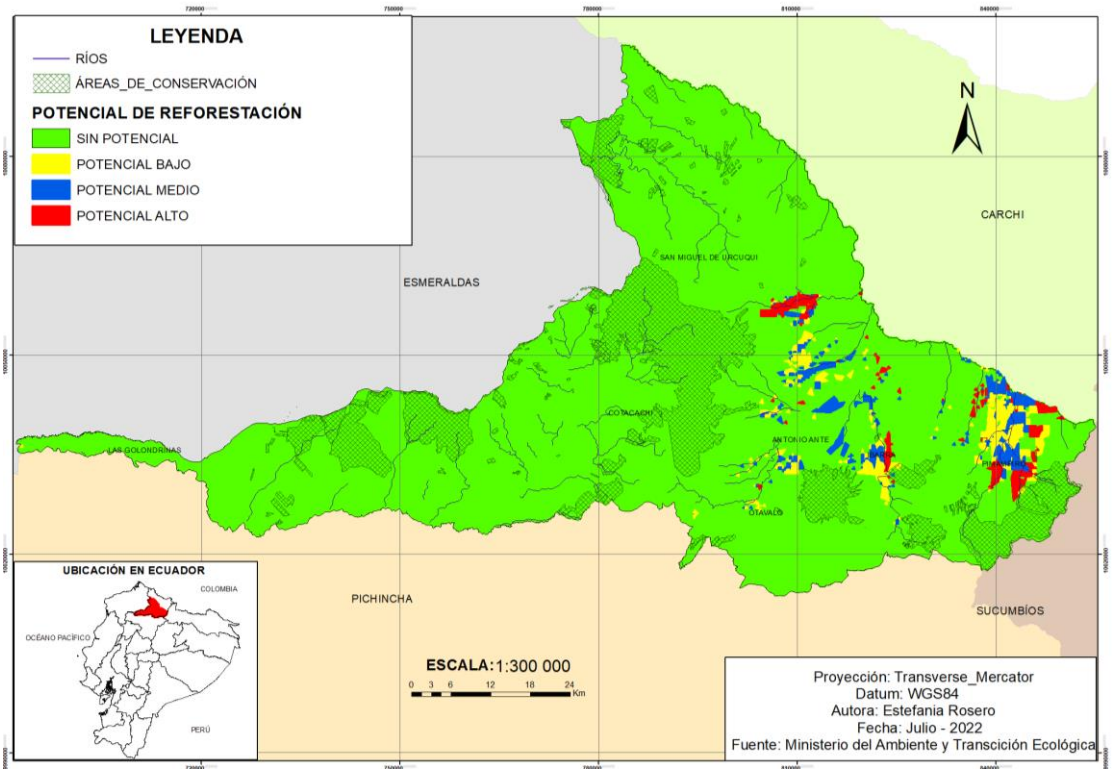


Figura 27. Potencial de reforestación con *F. cuatrecasasiana*, en la provincia de Imbabura

7.3.4.2 Áreas con potencial de reforestación con *H. scabrida*

Las zonas con alto potencial de reforestación con motilón comprenden 10.084,89 ha. Los fragmentos ubicados dentro de Cahuasquí son particularmente importantes ya que son zonas de amortiguamiento del AP Cotacachi – Cayapas. En el cantón Pimampiro también hay zonas con alto potencial, ubicadas entre los límites de bosque y tierra agropecuaria, además algunas de estas zonas conectan parches de bosques protegidos**.** En Otavalo y San José de Quichinche también hay grandes fragmentos. Y en Apuela existen fragmentos en la zona de amortiguamiento del AP Cotacachi - Cayapas, entre páramos y tierra agropecuaria.

Las zonas con un potencial medio de reforestación comprenden 7.078,78 ha. Las áreas más visibles están ubicadas dentro de las parroquias de San Francisco de Sigsipamba, Ibarra y Apuela. Algunos fragmentos que están en Apuela son páramo intervenido por eso no se descartan ya que en algún momento podrían ser tomadas en la reforestación con motilón para recuperar las áreas que hayan sufrido algún tipo de degradación.

Las zonas con un bajo potencial de reforestación comprenden 17.731,40 ha. Por un lado, tenemos los fragmentos más visibles de la cordillera occidental dentro de las parroquias de Selva Alegre, Apuela, y Quiroga; y también fragmentos extensos en la cordillera oriental, en Pimampiro, Sigsipamba y Mariano Acosta.

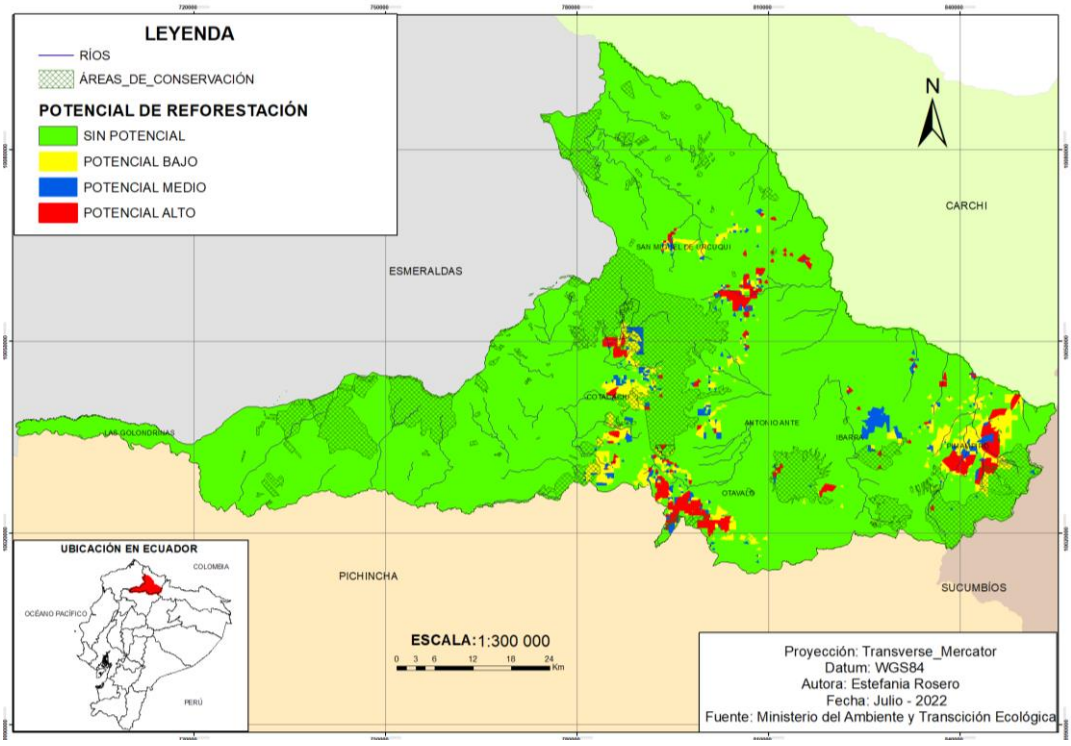


Figura 28. Potencial de reforestación con *H. scabrida*, en la provincia de Imbabura

7.3.4.3 Áreas con potencial de reforestación con *O. caesariata*

Las zonas con alto potencial de reforestación con yalte comprenden 4.296,98 ha. Como se puede ver en la Figura 34, los fragmentos más visibles están ubicados dentro de parroquias de Ambuquí, Sigsipamba, Chugá y San José de Quichinche. Los fragmentos ubicados en Ambuquí son importantes ya que son áreas erosionadas con fines de recuperación. En Quichinche también se pueden identificar pequeños fragmentos que coinciden con la zona amortiguamiento del páramo del AP Cotacachi - Cayapas. Las áreas ubicadas en Sigsipamba y Chugá son áreas limitantes entre tierra agropecuaria y bosque protegido. Las zonas en Cahuasqui, Urcuqui y San Blas son áreas de amortiguamiento de la AP Cotacachi - Cayapas.

Las zonas con un potencial medio de reforestación comprenden 5.647,57ha., las áreas más visibles están ubicadas dentro de las parroquias de Chugá y Pimampiro, que son áreas son aptitud forestal, pero tiene un potencial alto de conflicto oso – humano.

Las zonas con un bajo potencial de reforestación comprenden 9.185,03 ha. Se puede observar que los fragmentos más visibles están ubicados dentro de las parroquias de Ibarra, Mariano Acosta, Pimampiro, Chugá y San Francisco de Sigsipamba. La mayoría de las zonas con bajo potencial están sobre bosques donde actualmente es imposible reforestar.

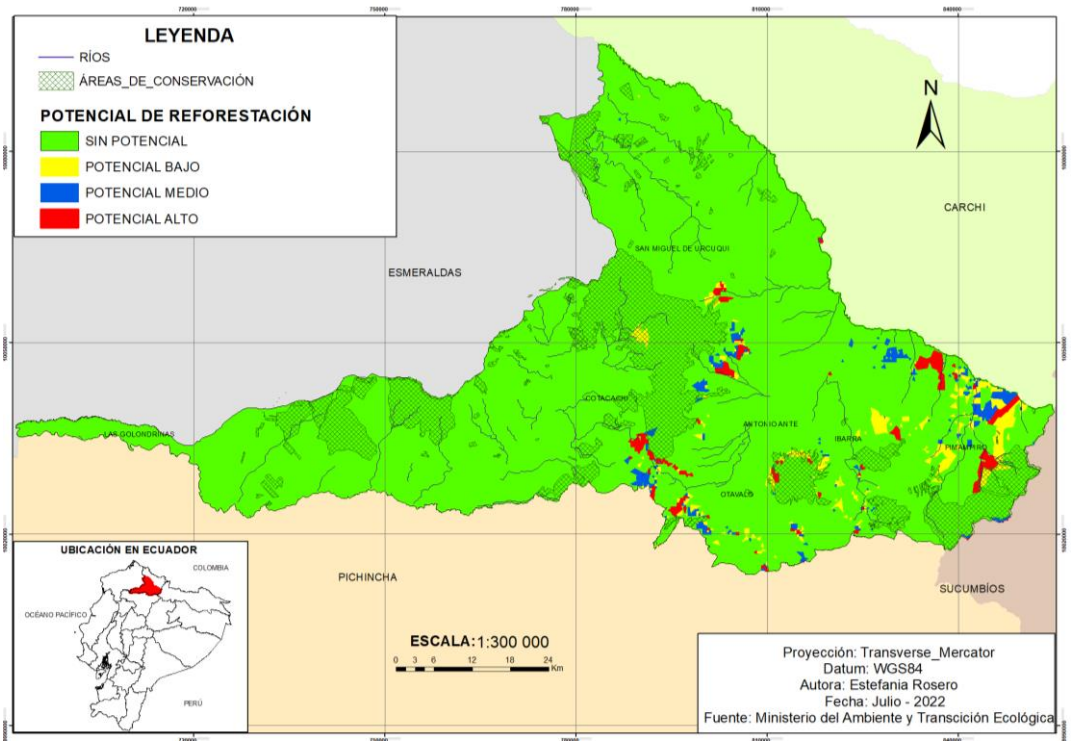


Figura 29. Potencial de reforestación con *O. caesariata* en la provincia de Imbabura

7.3.4.4 Áreas con potencial de reforestación con *S. bullosa*

Las zonas con alto potencial de reforestación con moquillo comprenden 5.410,68 ha. Como se puede ver en la Figura 30, los fragmentos más visibles son los que van desde San José de Quichinche hasta Otavalo. Se pueden identificar fragmentos en la zona amortiguamiento del AP Cotacachi Cayapas. Además, hay unos fragmentos en el límite del bosque y tierra agropecuaria de Mariano Acosta y San Francisco de Sigsipamba

convenientes para reforestar y conectar parches de bosque**.** En Ibarra y Angochagua hay zonas con alto potencial dónde la reforestación podría conectar fragmentos de bosque.

Las zonas con un potencial medio de reforestación comprenden 7.778,88 ha. Los fragmentos más grandes están ubicados dentro de las parroquias de Pimampiro, San Francisco de Sigsipamba, Angochagua y Quichinche. Con respecto a los fragmentos en Angochagua, donde el modelado muestra que tienen condiciones ambientales y edafológicas muy adecuadas para que el moquillo se desarrolle y además presentan pocas limitaciones para que el oso se desplace, estos están dentro del páramo, el cual es considerado como un ecosistema frágil; sin embargo, estas zonas no se omiten ya que no se descarta que puedan ser útiles para reforestación sobre todo si alguna vez estas zonas sufren algún tipo de degradación.

Las zonas con un bajo potencial de reforestación comprenden 18.044,52 ha., los fragmentos más visibles están ubicados dentro de las parroquias de Mariano Acosta y San Francisco de Sigsipamba, Chugá y La Merced de Buenos Aires. La mayoría de las zonas son bosques dónde es imposible reforestar y tierras agropecuarias con alto potencial de conflicto oso – humano.

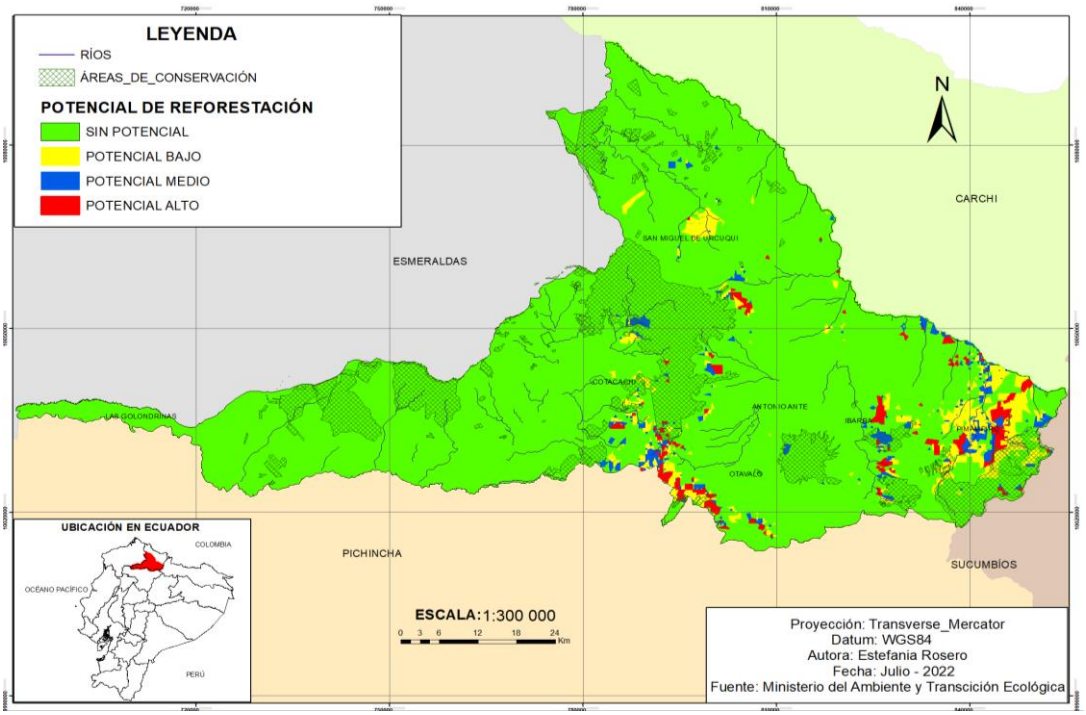


Figura 30. Potencial de reforestación con *S. bullosa*, en la provincia de Imbabura

7.3.4.5 Áreas con potencial de reforestación con *O. pachypoda*

Las zonas con alto potencial de reforestación con aguacatillo comprenden 9.241,25 ha. Como se puede ver en la Figura 31, las áreas más visibles están dentro de las parroquias de Apuela, Cuellaje, Plaza Gutiérrez, Cahuasquí y La Carolina. Los fragmentos ubicados en Apuela, Cuellaje y Plaza Gutiérrez son zonas de amortiguamiento del AP Cotacachi Cayapas, tienen un uso agropecuario, pero son de aptitud forestal.

Las zonas con un potencial medio de reforestación comprenden 12.459,41 ha, las áreas más visibles están en Peñaherrera y Cuellaje, que, aunque tienen condiciones buenas para que se desarrolle el aguacatillo, están dentro de la zona con potencial alto de conflicto.

Las áreas con bajo potencial de reforestación comprenden y 26.524,27 ha. Las áreas más visibles están ubicadas dentro de las parroquias de Selva Alegre, Apuela, Cuellaje y Plaza Gutiérrez. La mayoría de las áreas son tierras agropecuarias con alto potencial de conflicto, y también bosques dónde obviamente no es posible plantar o sembrar árboles.

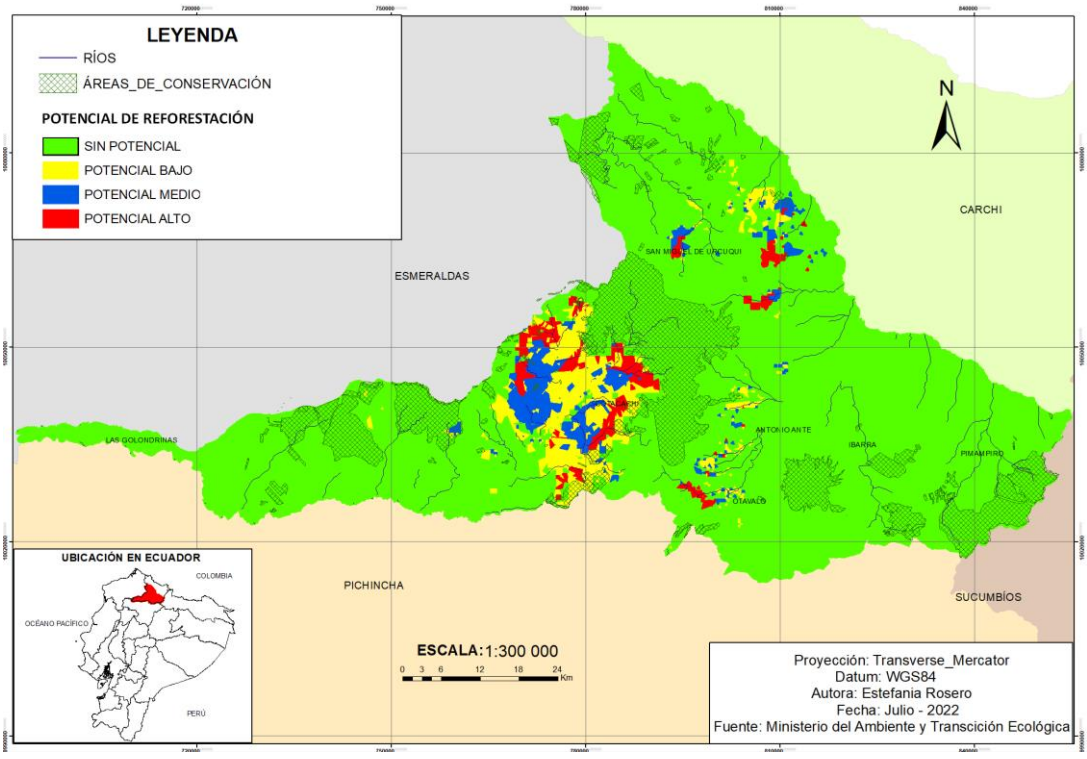


Figura 31. Potencial de reforestación con *O. pachypoda*, en la provincia de Imbabura

7.3.4.6 Áreas de alto potencial de reforestación con todas las especies vegetales de estudio

En la figura 32, se puede observar el mapa general de todas las áreas de reforestación con alto potencial, de cada una de las especies vegetales de estudio. Estas áreas estarían disponibles para una reforestación actual, por lo que es importante que la Prefectura de Imbabura y los viveros que están en funcionamiento conozcan dónde pueden plantar las especies vegetales recomendadas en este estudio.

En general, ya que la distribución altitudinal de las especies es amplia, se puede obtener muchas áreas potenciales de reforestación continuas unas de otras pertenecientes a las diferentes especies. También la distribución de las especies hace que se cubra gran territorio de la provincia con áreas de alto potencial de reforestación, tanto en la cordillera oriental como occidental.

Por la parte oeste de la provincia, en la cordillera occidental se identificó fragmentos ubicados en Apuela, Cuellaje y Plaza Gutiérrez que tendrían alto potencial de reforestación con aguacatillo, estas son zonas de amortiguamiento del AP Cotacachi Cayapas, tienen un uso agropecuario, pero son de aptitud forestal y algunas coinciden con zonas destinadas para restauración por el plan de forestación y reforestación de la Prefectura de Imbabura (2019). También los fragmentos en Selva Alegre y Quiroga son áreas de aptitud forestal que son colindantes con el bosque protector Neblina Sur, y a un socio bosque individual. Todas estas zonas con potencial de reforestación servirían para generar franjas de amortiguamiento entre las áreas de conservación y tierras agropecuarias.

Al este del AP Cotacachi – Cayapas, se identificó zonas de amortiguamiento del área protegida, ubicadas en las parroquias de Pablo Arenas y Cahuasqui, estas coinciden con áreas destinadas para restauración por el plan de forestación y reforestación de la Prefectura de Imbabura (2019). Y son zonas importantes ya que se puede ver que las cinco especies cubren áreas continuas de dicha zona, y mediante la reforestación se podría crear áreas de movilización para el oso hacia el AP Cotacachi – Cayapas.

Por otro lado, se observa grandes fragmentos para reforestación en el área sur de la provincia que comprenden las parroquias de Quichinche y Otavalo. Aquí hay diferentes zonas continuas aptas para reforestación con las cinco especies vegetales de estudio.

Los fragmentos ubicados al norte de Quichinche coinciden con la zona amortiguamiento del páramo del AP Cotacachi - Cayapas, estos son importantes ya que según el plan de forestación y reforestación de la Prefectura de Imbabura (2019), son áreas destinadas para restauración. También están los demás fragmentos al sur de la provincia, dónde la mayoría son tierra agropecuaria o vegetación arbustiva que conectan con plantaciones forestales y socio bosque individual, siendo zonas útiles para conectar estos fragmentos.

Por otro lado, se tiene las zonas con potencial alto de reforestación en la cordillera oriental. Se identificaron fragmentos ubicados en Ambuquí aptos para reforestación con yalte e higuerón, estos son particularmente importantes ya que, según el plan de forestación y reforestación de la Prefectura de Imbabura (2019)**,** son áreas erosionadas con fines de recuperación dónde la reforestación ayudaría a crear áreas de descanso y alimentación para el oso. En Ibarra y Angochagua hay zonas con alto potencial dónde la reforestación con moquillo e higuerón podría conectar fragmentos de bosque (plantaciones forestales) y socio bosques individuales.

Al este de la cordillera oriental está la zona del cantón Pimampiro, se observa que hay importantes áreas para reforestación con cuatro especies de estudio (higuerón, moquillo, motilón y yalte). Estas son tierras agropecuarias con potencial forestal ubicadas entre los límites del páramo y bosques (AP Cayambe – Coca, Socio bosque individual y Bosque protector Neblina Sur), que serían áreas importantes para crear franjas de amortiguamiento entre las áreas naturales y las tierras agropecuarias, recuperando hábitat y recursos para el oso andino.

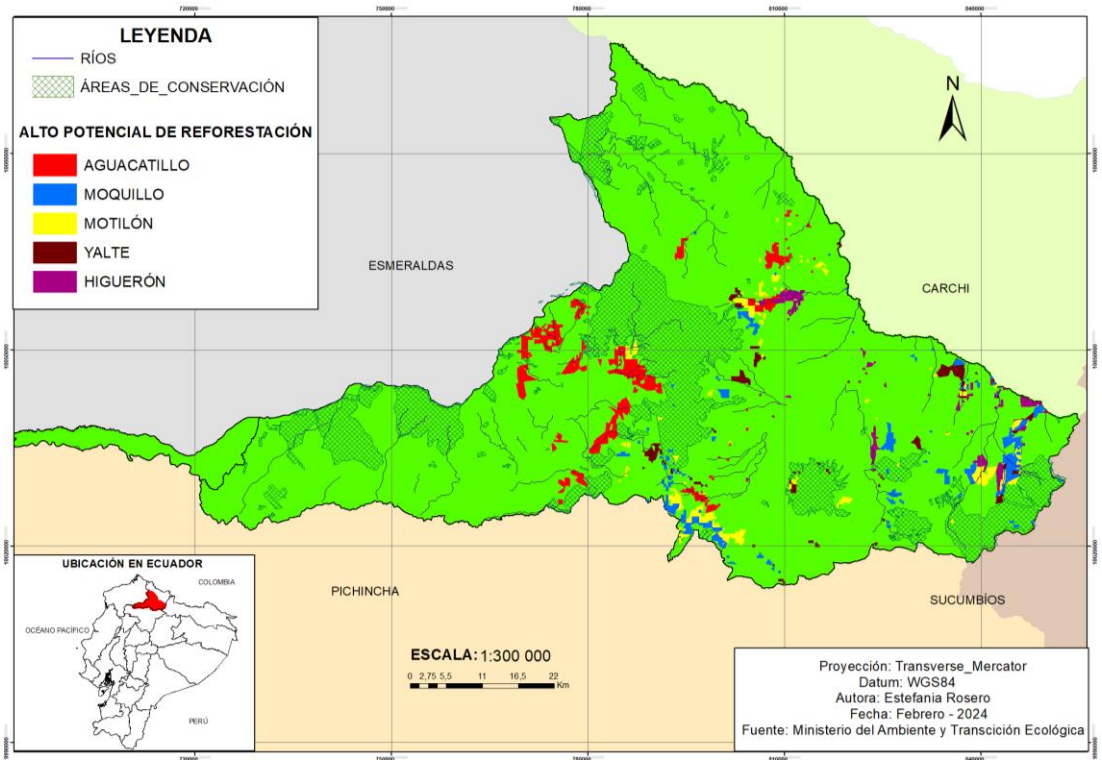


Figura 32. Áreas con alto potencial de reforestación con todas las especies vegetales de estudio

7.3.4.7 Áreas de alto potencial de reforestación en base a la distribución potencial del oso andino.

En el siguiente mapa se presentan las áreas con potencial alto de reforestación de cada una de las especies vegetales que se intersecan con las áreas de distribución potencial del oso andino. La reforestación en estas áreas con las especies vegetales proveería recursos al oso andino, ya que estas especies vegetales estarían disponibles para la especie en su área de distribución.

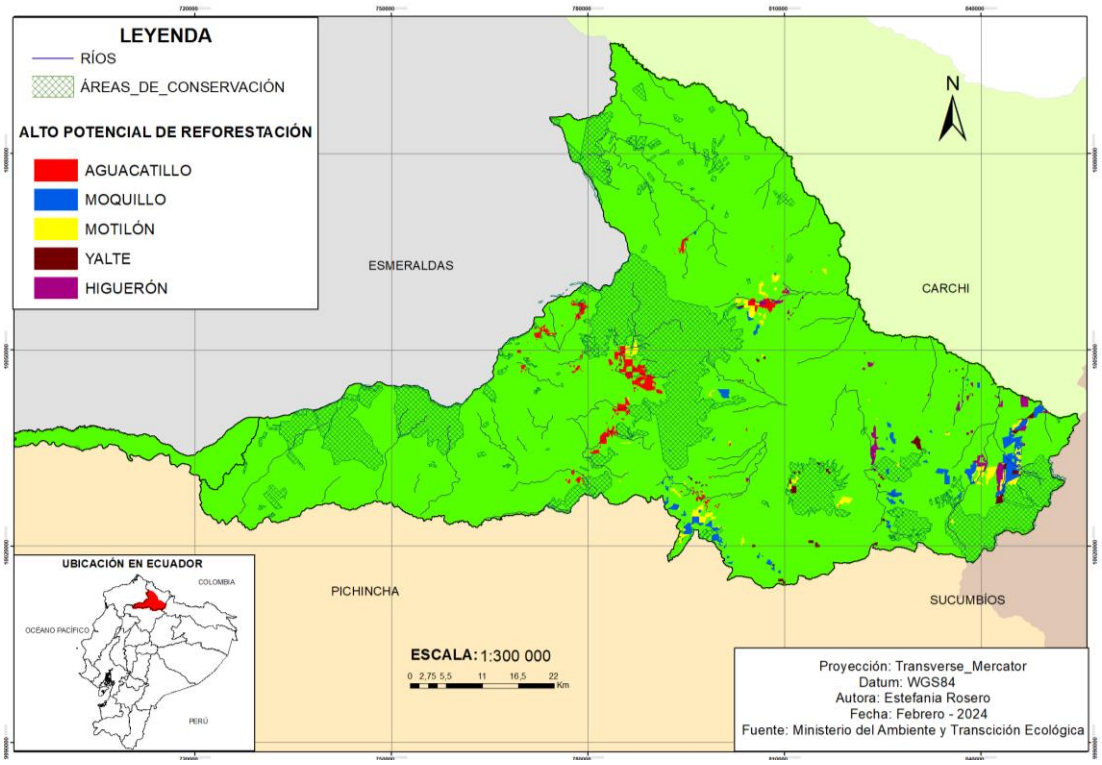


Figura 33. Áreas con alto potencial de reforestación con todas las especies vegetales de estudio en base a la distribución del oso andino.

7.4 Sistematización de conocimientos de especies vegetales de estudio en viveros forestales.

7.4.1 *Ficus cuatrecasasiana*

7.4.1.1 ¿Cómo reconocer a la especie?

Árbol hemiepífito de 8 a 28 metros de altura y hasta 100cm de DAP. Se reconoce por sus hojas ancho-oblongas u ovadas de color verde brillante, miden de 13–21 cm de longitud y 8–14 cm de ancho. Posee una estípula terminal sobresaliente de 1 a 2 cm de longitud de color ferruginoso. Tiene flores pequeñas solitarias, agrupadas en inflorescencia axilar. Los siconos (frutos) axilares son poli bayas, verdes inmaduras y purpúreos maduros, de 1–1.2 cm de longitud y 1–1.4 cm de diámetro. Corteza externa de color marrón claro, lenticelada y fuertemente agrietada. Esta planta se caracteriza por poseer un látex caústico, acuoso de color blanco-amarillento (Velásquez, 1998).

7.4.1.2 Patrones de florecimiento y fructificación

Los patrones de florecimiento y fructificación en Ficus son asincrónicos, los árboles dan frutos a su propio ritmo, sin embargo, se presentan picos y bajas estacionales en el número de árboles que florecen y fructifican (Kjellberg, 1989).

Según el entrevistado Danilo Vásquez, los picos de fructificación en árboles jóvenes (10-20 años) se dan en los meses de noviembre y diciembre. Y en los árboles viejos (más de 20 años) los picos de fructificación se dan entre los meses de marzo a mayo.

7.4.1.3 Ventajas de la reforestación con higuerón

El higuerón tiene usos maderables ya que es utilizado como leña, en encofrados y en carpintería. Las hojas, flores y frutos sirven de forraje para el ganado. Además, se le atribuyen usos medicinales puesto que el látex es utilizado como laxante y cicatrizante de heridas. En cuanto al rol ecosistémico, esta especie sirve de protección para manantiales y ayuda a conservar la humedad en pastizales y lugares húmedos como en nacientes de agua (Velásquez, 1998). Es útil en la reforestación alrededor de cuerpos de agua (Chamba, s.f).

Por otro lado, según varios estudios, el género Ficus es relevante para algunas especies frugívoras de murciélagos que se alimentan de sus frutos y a su vez ayudan a la dispersión de semillas de estos (Utzurrum y Heideman 1991; Fredericksen et al. 1998). Así mismo la especie *F.cuatrecasasiana* es un importante recurso alimenticio para aves como loros y pericos; además, los insectos también son beneficiados ya que recolectan néctar y polen de las flores de los higuerones. Se ha registrado que *F.cuatrecasasiana* sirve de alimento del mono aullador rojo (*Alouatta seniculus)* en bosque nuboso andino de Colombia (Gaulin y Gaulin, 1982); de igual manera, se ha registrado importante en la dieta para el oso andino en el bosque húmedo montano (Castellanos et al., 2005).

7.4.1.4 Propagación en vivero

La propagación del higuerón ha sido poco documentada, sin embargo, se menciona que la recolección y almacenamiento de semillas es una tarea difícil. La recolección se vuelve dificultosa debido a la fructificación asincrónica del higuerón; además, el almacenamiento de semillas puede acarrear problemas por la pudrición por hongos ya

que mantener las semillas con las condiciones de humedad adecuadas es un trabajo complicado (Autoridad del Canal de Panamá, 2008).

Por todo esto, en Ecuador se ha comenzado a realizar propagación mediante esquejes, dando como resultado a plántulas vigorosas para ser utilizadas en reforestación. Según la entrevista realizada a A. Van Der Voort (comunicación personal, 27 de octubre del 2022) se recolectan los esquejes de un árbol de higuerón, los cuales se colocan en bandejas con sustrato preparado con 70% de cocopeat (fibra de coco) y 30% cascajo (piedras trituradas). La temperatura debe ser media alta entre unos 24 - 25°C, con una humedad relativa del 60%. Se las cubre con plástico (en este punto es importante mantener la humedad predicha ya que las plántulas pueden tener dificultades al enraizar) y cuando salgan raíces visibles en la tierra aproximadamente a las 6 semanas, se procede a trasplantar a tarrinas o recipientes más grandes. Luego de esto, se las coloca en condiciones de temperatura y humedad más bajas entre 18 a 23°C, con una humedad relativa del 50%. Cuando las plantas lleguen a los 20-25 cm se procede a podar el ápice o topa. Finalmente, a los dos meses se procede a trasplantar de nuevo hacia macetas más grandes. Las plántulas van a estar listas para plantar en terreno cuando lleguen a una altura de 1 a 1.50 metros aproximadamente a los 6 meses.

Van Der Voort, asegura que si se requiere propagar un mayor número de plántulas con éxito se puede establecer plantas madre de las cuales sacar esquejes. Aproximadamente 7 plantas madre dan 100 esquejes. Según Andújar y Moya (2009) para escoger las plantas madre se debe reunir las siguientes condiciones como: tener una forma columnar o recta, ser reproductiva, resistente a enfermedades, no tener patógenos y no tener plantas enfermas a su alrededor. Según Van Der Voort las plantas madre duran medio año produciendo esquejes, una vez transcurrido este tiempo las plantas madre deben ser reemplazadas con otras.

7.4.1.5 Requerimientos edafoclimáticos

A continuación, se presentan las características edafoclimáticas que, según el modelamiento de hábitat idóneo realizado en este estudio, resultan ser las más influyentes para el buen desarrollo del higuerón:

pH: prácticamente neutro (6 a 6.5) y ligeramente ácido (6.5 a 7.5 (excepto 7)).

Clasificación de suelo (orden): Mollisoles (suelos oscuros, ricos en materia orgánica)

Textura superficial: arcilloso y franco arcilloso.

Profundidad efectiva: moderadamente profundo (51 a 100 cm de profundidad)

Drenaje: bueno (se elimina fácilmente el agua de precipitación, aunque no rápidamente)

Régimen de temperatura del suelo: Isotérmico (suelo con temperatura de 13 a 20/22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con escasa variabilidad).

Materia orgánica: Alta (suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica mayor a 5,0%).

Pendiente: 25 a 100%

Temperatura ambiente: 14 a 18°C

Precipitación: 500-900mm

Rango Altitudinal: 1700-2200 msnm

7.4.1.6 Fuentes semilleras y de material vegetativo

En general las fuentes semilleras y de material vegetativo del higuerón se las encontraron alrededor de los cuerpos de agua como ríos y arroyos de la cordillera oriental, principalmente en parroquias como Sigsipamba, Pimampiro, Ibarra y Cahuasquí. Las ubicaciones georreferenciadas se pueden ver en el ANEXO C.

7.4.2 *Ocotea caesariata*

7.4.2.1 ¿Cómo reconocer a la especie?

Árbol de 17 a 20 metros de altura y hasta 80 cm de DAP. Se distingue por su gran follaje, con pubescencia tomentosa de color marrón rojizo, ramas gruesas, densamente pubescentes y flores grandes. Sus hojas son elípticas y alargadas, de 10-20 × 4-7cm, ápice acuminado, hojas jóvenes en el haz y pubescencia de color marrón rojizo en el envés (Van der Werff, 2017). Infrutescencias terminales y axilares, frutos de 1-1,3 cm de diámetro, inmaduros de color verde, maduros color vino tinto, cúpula poco profunda en

forma de cuenco de color café. Flores de 10 mm de diámetro, unisexuales, estaminadas, de color verde pálido o color crema con glándulas amarillas en el tercer vertilicio y tecas amarillas (Hernandez, 2009).

7.4.2.2 Patrones de florecimiento y fructificación

Se requieren estudios de fenología de esta especie**.** Según observaciones en esta investigación, se vio con fruto el mes de septiembre. Y según varios entrevistados de la parroquia de Pimampiro fructifica en noviembre.

7.4.2.3 Ventajas de la reforestación con yalte

Tiene usos maderables; la madera se usa en ebanistería y carpintería, también es utilizada como leña y además sirve para elaborar carbón vegetal (Hernández, 2009). En Colombia, después del pino, el yalte es la especie más buscada y transformada por la industria, esto debido a la durabilidad natural y la hermosura de su madera (Velandia, 2019).

El género Ocotea es importante para la fauna silvestre, especialmente para las aves, algunas especies como pavas (Cracidae), torcazas (*Patagioenas fasciata*), loros (Psittacidae), quetzales (*Pharomachrus antisianus*), tucanes (Ramphastidae) consumen de estos frutos (Hernández, 2022). Además, en los Andes, se ha registrado como especie importante en la dieta del oso andino (Castellanos et al., 2016).

Finalmente, se ha registrado que las personas también usan los frutos del yalte como alimento (FFFPANCC, 2021). Según el Proyecto BIAN, el yalte sería útil en reforestación en partes altas, y es importante ya que aportaría gran cantidad de materia orgánica.

7.4.2.4 Propagación en vivero

La propagación del yalte ha sido poco documentada sin embargo existe el trabajo realizado por Castillo et al (2018), donde detalla la propagación del yalte por semillas. Un punto importante para empezar a tratar es la elección de árboles semilleros. Los criterios que se deben tomar en cuenta son: que sea planta de origen nativo y ubicada en ambientes similares a los lugares definitivos de siembra; que sea árbol en edad reproductiva, esto es, que pueda producir flores, frutos y semillas; que tenga

características fenotípicas que se deseen replicar; que esté libre de patógenos; que las semillas sean sanas para lograr buena capacidad de germinación.

Castillo et al (2018), menciona que sería ideal escoger al menos 3 árboles semilleros para tener un buen porcentaje de germinación de semillas. Además, es importante georreferenciar las fuentes semilleras elegidas para establecer rutas de recorrido e identificar y verificar los estados fenológicos a través del año.

Una vez elegidos los árboles semilleros se procede a recolectar los frutos y semillas, el grado de madurez de los frutos se puede identificar observando características como la tonalidad o color y la consistencia del fruto. Una vez hecha la colecta se debe hacer la limpieza de frutos y semillas, realizando el despulpe y separación de semillas, para luego de manera manual separar las semillas defectuosas o en mal estado. Posterior a esto, se realiza un tratamiento pre germinativo a las semillas que es el de imbibición, esto consiste en sumergir las semillas en agua pura y a temperatura ambiente 24 a 72 horas dependiendo el tamaño de la semilla y la dureza de la testa (Castillo et al, 2018).

Después de esto, hay que sembrar las semillas ya con raíces en un tipo de sustrato probado específicamente para el yalte, compuesto especialmente por materia orgánica y otros sustratos que permiten las condiciones de humedad y porosidad adecuadas para el crecimiento de las plantas. El sustrato está compuesto por: 1 k de turba (proveniente de la descomposición de vegetales), 1/2 lb de vermiculita (mineral fino compuesto de silicatos), 2 k de bocashi (a partir de la descomposición de residuos de cáscaras de frutas y vegetales, abono de bovino, melaza y levadura industrial), 2 k de humus de lombriz (residuos orgánicos descompuestos por lombrices), ½ lb de arena lavada (arena de grano fino), 2 k de capote de monte (se obtiene a partir de la descomposición de materia orgánica y hojarasca de las zonas boscosas aledañas a donde se desarrolla el yalte naturalmente, el capote se recolecta, se limpia y se cierne para obtener un sustrato con partículas uniformes) y finalmente 500 gr de hojarasca de bosque (Castillo et al, 2018).

Para formar el sustrato se deben mezclar todos los componentes, excepto la hojarasca y el capote de monte ya que estos son agregados al final. Se coloca toda la mezcla de sustrato en un semillero y encima una capa de capote de monte, luego de esto se agregan las semillas y se cubre con hojarasca y otra capa de capote de monte. Es ideal

regar los semilleros diariamente para alcanzar buena germinación. Después de 30 días aproximadamente las plántulas alcanzaran un tamaño de 25 cm (Castillo et al, 2018).

En cuanto al control de patógenos es recomendable la aplicación de plaguicidas orgánicos y solo si es necesario el uso de plaguicidas químicos. Se puede realizar control manual con insectos como áfidos, larvas etc. Para controlar focos de infestación se debe realizar aislamientos en zona de cuarentena donde se debe aplicar los insecticidas orgánicos compuestos de jabón rey, ajo y hierbas amargas. Para el control de hongos se debe aplicar zumos de manzanilla y/o caldo bordeles (sulfato de cobre, cal y agua), este último actúa contra hongos y también insectos. En el caso del control de babosas y caracoles se puede usar trampas de atracción compuestas por cerveza o cáscaras de naranja (Castillo et al, 2018).

En caso de ser necesario se puede utilizar plaguicidas químicos: en insecticidas es recomendable utilizar los que tienen principio activo llamado cipermetrina; para hongos el principio activo llamado difenoconazole (kurdo); para babosas y caracoles se debe aplicar cal viva o productos que tengan como principio activo metaldehído al 7% (Castillo et al, 2018).

7.4.2.5 Requerimientos edafoclimáticos

A continuación, se presentan las características edafoclimáticas que, según el modelamiento de hábitat idóneo realizado en este estudio, resultan ser las más influyentes para el buen desarrollo del yalte:

Textura de suelo: Franco arcilloso – arenoso.

Régimen de temperatura del suelo: Isomésico (suelo con temperatura de 10 a 13 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, a lo largo del año).

Pedregosidad: nula

Clasificación de suelo (orden): Mollisoles (suelos oscuros, ricos en materia orgánica)

Inceptisoles (suelos en evolución, aptos para aprovechamiento forestal).

Drenaje: bueno (se elimina fácilmente el agua de precipitación, aunque no rápidamente)

pH: 5.5 – 6.5.

Pendiente: 40 – 100%

Temperatura ambiente: 10-15°C

Precipitación: 500-1100mm

Rango altitudinal: 2500-2900msnm

7.4.2.6 Fuentes semilleras y material vegetativo

En general las fuentes semilleras y material vegetativo del yalte se las encontraron en las partes altas, en bosques montanos de la cordillera oriental, principalmente en parroquias como Chugá, Pimampiro y Quichinche. Las ubicaciones georreferenciadas se pueden ver en el ANEXO C.

7.4.3 *Hieronyma scabrida*

7.4.3.1 ¿Cómo reconocer a la especie?

Árbol de 8 a 20 metros de alto, con corteza agrietada y grisácea. Sus hojas son alternas, elípticas, brillante el haz, el envés verde a amarillento claro, ápice obtuso a acuminado y base redondeada de 8-13 por 5-9 cm. Tiene inflorescencias axilares con 15 cm de longitud. Sus frutos son elipsoides de aproximadamente 6mm, verdes inmaduros y rojizos a morados al madurar (Vargas, 2002; Franco, 1990).

7.4.3.2 Patrones de floración y fructificación

Según el entrevistado Iban Araujo, y varios pobladores de Pimampiro, la especie florece entre los meses de agosto – octubre y los picos de fructificación se da en los meses de septiembre a noviembre.

7.4.3.3 Ventajas de la reforestación con motilón

Tiene usos madereros ya que la madera es de buena calidad y sirve para la construcción, además la utilizan como leña y postes para cercas vivas (Sánchez et al., 2010).

Pulido (2005) afirma que el uso de la especie como cerca viva incrementa la cobertura de árboles dentro del paisaje, originando hábitat, zonas de reposo y recursos para las aves. Además, aumentan la conectividad funcional facilitando el movimiento de aves y otros elementos del paisaje (Braudy et al., 2000).

Es una especie que ofrece servicios ambientales, ayuda a la conservación de suelos ya que aporta importantes nutrientes. Sirve de refugio y alimento para varias especies animales, principalmente aves (Sánchez et al. 2010), además se ha registrado como una especie importante en la dieta del oso andino en el bosque montano (Cuesta et al. 2003).

El entrevistado Iban Araujo menciona, que el motilón sirve de alimento a varias especies de aves, y que aminora el ataque de las aves a otros cultivos adyacentes como por ejemplo el capulí; describe que cuando el motilón no está presente o no da frutos las aves buscan los cultivos de capulí como alimento, perjudicando las cosechas. Cuando los motilones están cerca de otros árboles por ejemplo frutales, se genera un equilibrio ya que las aves no se convierten en plagas que se alimentan de los frutales.

7.4.3.4 Propagación en vivero

No existen estudios realizados acerca de propagación de *H. scabrida*; sin embargo, en la parroquia de Pimampiro, La Quinta Yuquín, Iban Araujo ha tenido experiencias con plántulas de regeneración natural, recolectando plántulas de aproximadamente 30cm y trasplantándolos a terreno deseado, es importante que tomar en cuenta que esta especie se desarrolla mejor en suelos arenosos y humíferos, no tan arcillosos. Los cuidados son mínimos, solo hay que proteger del ganado que pueda comer a las plántulas; además es una especie resistente ya que no ha observado plagas que dañen a los árboles. La altitud en donde se ha visto que la planta se desarrolla mejor es a los 2.400 a 2.500 msnm, clima templado y humedad del 60%.

Por otro lado, existen estudios acerca de la propagación de *Hieronyma macrocarpa* y se tomará como referencia los ensayos documentados más exitosos de la propagación de esta especie ya que se desarrollan en altitudes y ambientes similares a *H.scabrida*.

Según el trabajo realizado por Erazo García (2022) acerca de propagación por semillas de *H. macrocarpa*, uno de los mejores tratamientos pre germinativos es la escarificación;

este consiste en lijar la cubierta de la semilla por 5 minutos con una lija de grano 80, teniendo cuidado de causar daños al embrión adherido a la testa. Además, el mejor sustrato fue el compuesto con tierra negra y arena en una proporción de 80%, 20% respectivamente. El porcentaje de germinación acumulada fue del 82.5%, en un lapso de 50 días.

En otro caso de propagación por semillas, se usó un pretratamiento germinativo que consiste en poner en remojo las semillas por dos días, en una solución de agua fría y vitavax (fungicida sistémico y protector de semillas), esto hace que se ablande el cuesco de la semilla y que esté protegida de hongos. Después de esto, las semillas fueron sembradas en platabandas, utilizando un sustrato compuesto de mezcla de tierra negra, tierra de bosque y hojarasca en proporciones de 20-20-60% respectivamente. La germinación comenzó a los 9 días y finalizó a los 95 días; dando un porcentaje de germinación del 70 y 80% (Mueller, 2003).

Según Pérez (2016), en la propagación por semillas, la germinación inició a los 40 días y finalizó a los 100 días, el mejor tratamiento obtuvo un 75.33% de emergencia, este consistió en un pretratamiento germinativo donde se hizo la inmersión de semillas en agua a 100°C por 5 minutos, dejando enfriar por 48 horas y cambiando el agua dos veces al día. Para sembrar, las semillas necesitaron una temperatura de 20 a 25°C y fueron cubiertas con plástico. Además, se utilizó la composición de sustrato de capote de monte (obtenido de la materia orgánica y hojarasca del bosque en descomposición).

En cuanto al manejo de las plántulas, se debe tomar en cuenta que el repique se procede hacer cuando la plántula tenga de 2 a 3 hojas verdaderas y de 4 a cm de altura. Inmediatamente después del repique las plántulas necesitan sombra por lo menos 30 días (Mueller, 2003). Otro autor recomienda poli sombra al 50 – 75% después del repique al menos durante dos meses, con riego diario el primer mes. Después se trasladan las plántulas al parea de lignificación por aproximadamente 4 meses, es recomendable suspender el riego los últimos 15 días antes de llevar las plántulas a terreno definitivo (Escuela Nacional de Ciencias Forestales, 2003)

En cuanto al control de patógenos, Pérez (2016) menciona que se pueden realizar a partir de los 15 días iniciada la germinación y aplicarlo dos veces al mes. El insecticida usado

en sus ensayos fue Coraza (Deltametrin 2.5%) y el fungicida aplicado fue Propamocarb: 3- (dimetilamino) propilcarbamato de propilo; con una dosis de 1cc/litro cada uno.,

7.4.3.5 Requerimientos ambientales y edafológicos

A continuación, se presentan las características edafoclimáticas que, según el modelamiento de hábitat idóneo realizado en este estudio, resultan ser las más influyentes para el mejor desarrollo del motilón:

Pendiente del terreno: 25 - 40 %

Temperatura anual: 12-16°C

Textura superficial del suelo: Franco y franco arcilloso – arenoso.

Fertilidad del suelo: Baja

Profundidad efectiva: Poco profundo (21-50cm), moderadamente profundo (51-100cm), profundo (>100cm)

Pedregosidad: Nula a frecuente (0 a 50% de fragmentos gruesos)

Materia orgánica: Alta (Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica mayor a 5,0%).

Rango altitudinal: 2300- 2700msnm

Drenaje: Bueno (Se elimina fácilmente el agua de precipitación, aunque no rápidamente).

pH: 5.5 a 6.5.

Clasificación del suelo (orden): Andisoles (origen volcánico, aptos para aprovechamiento frutícola.)

Inceptisoles (suelos en evolución, aptos para aprovechamiento forestal)

Precipitación: 700 – 1000mm

7.4.3.6 Fuentes semilleras y material vegetativo

En general las fuentes semilleras y material vegetativo del motilón se las encontraron en bosques montanos de la cordillera oriental y occidental, además algunos individuos se encontraron en tierras agropecuarias. Se ubicaron principalmente en parroquias como Pimampiro, Sigsipamba y Quichinche. Las ubicaciones georreferenciadas se pueden ver en el ANEXO C.

7.4.4 *Saurauia bullosa*

7.4.4.1 ¿Cómo reconocer al moquillo?

Árbol de 6-12m de alto y 1.5m de DAP. Las hojas son verdes con la nervadura prominente, rojiza, con presencia de pubescencias, las terminaciones de las hojas son de color café rojizo (Aguirre, 2006). Fuste cubierto por pelos, tronco retorcido grisáceo oscuro y con manchas blancas. Las flores son de color blanco axilares, actinomorfas, bisexuales, cuentan con cinco sépalos y cinco pétalos. El fruto es una baya, ovalada y carnosa, verde inmadura y rojiza madura de unos 20mm de ancho; las semillas son muy pequeñas y el fruto puede albergar más de 100 semillas (Muñoz, 2011).

7.4.4.2 Patrones de floración y fructificación

En bosque alto andino la floración y fructificación presentan un ciclo anual y todo el año se produce flores y frutos, pero hay meses con mayor producción. La fase de floración dura de 4 a 6 meses aproximadamente, con una mayor producción de flores en septiembre; casi al mismo tiempo se da la fructificación donde el fruto tarda de 4 a 6 meses en alcanzar su estado de maduración, en cada infrutescencia se puede encontrar de 10 a 25 frutos desarrollados, los picos de fructificación se dan en febrero y mayo (Muñoz, 2011).

7.4.4.3 Ventajas de reforestación con moquillo

Se utiliza para leña, cercas y construcción de interiores (Túquerres, 2013). La madera es atractiva y además resistente a los insectos, en algunas comunidades lo ha utilizado para construir cercos, estructuras rurales y durmientes (Chamba, sf.).

Por otro lado, nativos del sur del Ecuador lo utilizan como fruto debido a su agradable sabor dulce, en ocasiones el fruto es vendido en mercados locales en conjunto de otras frutas de origen silvestre (Gerique Zipfel, 2010). En Imbabura, utilizan sus hojas para realizar infusiones medicinales (Yandún, 2015).

En cuanto a la importancia en la restauración, Yandún (2015) menciona que el moquillo se desarrolla muy bien en sitios abiertos con vegetación secundaria por lo que es una especie muy útil en la recuperación de áreas degradadas. Además, es importante en la dieta del oso andino (Castellanos, 2005)

7.4.4.4 Propagación en vivero

Existen experiencias de propagación de *Saurauia* sp. mediante estacas y por regeneración natural realizadas por (Díaz-Páez y Polanía, 2017), en bosque húmedo montano de Colombia. Los procesos se realizaron en un vivero con poli sombra al 66%, donde se aclimataron las plántulas y las estacas recolectadas.

En el caso de las estacas, se colectaron de un tamaño de 1,5m de longitud en promedio, se optaron por elegir ramas de crecimiento vertical con al menos dos nudos; los árboles de donde se colectó el material debían ser vigorosos, sin plagas, en general con buenas condiciones fitosanitarias. Se procedió a cortar las hojas y a sumergir las estacas en cristales de Aloe vera para estimular el enraizamiento y finalmente se colocaron en bolsas con tierra a 20-30cm de la estaca y se mantuvieron 3 meses en el vivero.

Por otro lado, se colectaron plántulas de regeneración natural de aproximadamente 1 m de altura, con cuidado de no afectar su sistema radicular, además sus hojas se cortaron a la mitad para evitar su deshidratación. Se pusieron en bolsas y se aclimataron durante 3 meses en vivero antes de su plantación en nuevo terreno.

Una vez plantadas en el terreno, la supervivencia de las plántulas de regeneración natural fue del 95% y la supervivencia de estacas del 33%. Por lo tanto, sería una buena opción utilizar plántulas de regeneración natural para propagación en viveros.

7.4.4.5 Requerimientos edafoclimáticos

A continuación, se presentan las características edafoclimáticas que, según el modelamiento de hábitat idóneo realizado en este estudio, resultan ser las más influyentes para el buen desarrollo del moquillo:

Textura superficial de suelo: Franco, franco arcilloso-arenoso y arcilloso.

Profundidad efectiva: Moderadamente profundo (51-100cm) y profundo (>100cm).

Temperatura anual: 11-14°C

Fertilidad: baja

pH: 5.5 a 6.5.

Clasificación del suelo (orden): Andisoles (origen volcánico, aptos para aprovechamiento frutícola). Inceptisoles (suelos en evolución, aptos para aprovechamiento forestal). Mollisoles (suelos oscuros, ricos en materia orgánica).

Drenaje del suelo: Bueno (Se elimina fácilmente el agua de precipitación, aunque no rápidamente).

Materia Orgánica: Alta (Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica mayor a 5,0%).

Pendiente: 25-100%

Precipitación: 800-1100mm

Grado altitudinal: 2500-3000msnm

7.4.4.6 Fuentes semilleras y material vegetativo

En general las fuentes semilleras y material vegetativo del moquillo se las encontraron más cerca de los bordes de bosques montanos de la cordillera oriental de la provincia. Cabe mencionar que fue la especie con más facilidad de detención. Se ubicaron

principalmente en parroquias como Pimampiro, Sigsipamba, Mariano Acosta, Buenos Aires, Quichinche etc. Las ubicaciones georreferenciadas se pueden ver en el ANEXO C.

7.4.5 *Ocotea pachypoda*

7.4.5.1 ¿Cómo reconocer al aguacatillo?

Es un árbol de hasta 25m de altura, con un DAP de 20 cm. La corteza externa de tronco es de color café-grisácea, de 0.5 cm de espesor; la parte interna del tronco es de color crema con olor a aguacate. Botones florales verdes y fruto de color verde (Van der Werff, 1991).

7.4.5.2 Patrones de floración y fructificación

No existen estudios de los patrones de florecimiento o fructificación, sin embargo, según Ángel Flores, y varios entrevistados del sector de Intag, los picos de fructificación se dan en los meses de julio hasta septiembre.

7.4.5.3 Ventajas de reforestación con aguacatillo

Se le atribuyen usos madereros y además se afirma que la especie se encuentra amenazada debido a la colonización, deforestación y potencialmente la minería (Muriel y Pitman, 2004).

Poe otro lado, se ha registrado como especie importante en la dieta del oso andino (Castellanos et al., 2016).

7.4.5.4 Propagación en vivero

Según la entrevista realizada a S. Fuentes (comunicación personal, 11 de noviembre, 2022), la recolección de frutos se debe realizar en la etapa de madurez fisiológica y morfológica de los frutos, y cuando todavía estén en el árbol, los frutos caídos al suelo no son adecuados para propagar. Un punto importante para poder propagar por semilla es no dejarla secar con la pulpa, una vez recolectada se la sumerge en agua y se procede a realizar la limpieza quitando la pulpa y carnosidades. Un tratamiento pre-germinativo que acelera la germinación es la escarificación (realizando un corte en la semilla). Cuando la semilla este limpia, se la almacena en un lugar fresco para secarla. Luego se procede a

sembrar en el sustrato con una composición de 3:2:1, es decir tres partes de tierra del lugar donde se desarrolla el aguacatillo, dos partes de tierra de bosque (proveniente de la descomposición de materia orgánica) y una parte de arena. Es importante generar las condiciones adecuadas para obtener un suelo franco- arcilloso, ya que la especie no resiste suelos arcillosos. La temperatura ideal para que se desarrolle con éxito es de aproximadamente 20°C y en cuanto a la humedad relativa tiene que ser de aproximadamente 85%.

Por otro lado, el entrevistado A. Flores (comunicación personal, 15 de diciembre, 2022) recomienda la plantación por regeneración natural, en cuanto a esta experiencia se menciona que se puede recolectar las plántulas que crecen debajo de los árboles grandes de aguacatillo. Después deben ser llevados a bolsas con una mezcla de tierra que esté libre de plagas, es decir tierra nueva, es importante que cuando estén enfundadas mantener las plántulas con poli sombra de 50 – 60%. Hay que tener en cuenta que le riego debe ser constante los primeros 15 días, no excesivo, pero siempre mantener la tierra húmeda. Flores afirma que el aguacatillo se desarrolla mejor en altitudes que van desde los 1800 a 2800msnm.

7.4.5.5 Requerimientos edafoclimáticos

A continuación, se presentan las características edafoclimáticas que, según el modelamiento de hábitat idóneo realizado en este estudio, resultan ser las más influyentes para el buen desarrollo del aguacatillo:

Rango anual de temperatura: 16-20°C

Fertilidad: mediana

pH: 6 a 6.5.

Clasificación de suelo (orden): Entisoles (suelos jóvenes, típicos de ladera), Inceptisoles (suelos en evolución, aptos para aprovechamiento forestal).

Profundidad efectiva: poco profundo (21 a 50 cm de profundidad).

Pedregosidad: muy poca (< 10 % de fragmentos gruesos).

Textura superficial: Franco-arcilloso

Precipitación: 900 a 1400 mm

Rango altitudinal: 1900 – 2600msnm

7.4.5.6 Fuentes semilleras y de material vegetativo

En general las fuentes semilleras y material vegetativo del aguacatillo se las encontraron en bosques montanos y nubosos de la cordillera occidental. La detención de esta especie fue una de las más dificultosas. Se ubicaron principalmente en parroquias como Cuellaje, Plaza Gutiérrez y Apuela. Las ubicaciones georreferenciadas se pueden ver en el ANEXO C.

7.4.7 Socialización sobre el conocimiento de las especies forestales

Se realizó un taller participativo donde estuvieron presentes miembros de la Prefectura de Imbabura, entre los quienes estuvieron presentes viveristas, técnicos y jefes de departamentos interesados; además se contó con la presencia de algunos miembros de comunidades de la zona de influencia del conflicto oso – humano y estudiantes pasantes de Universidades.

En la exposición se dio a conocer las experiencias de manejo que se ha tenido con las especies de estudio (higuerón, yalte, moquillo, motilón y aguacatillo), además información importante de los resultados de modelamiento de distribución de cada especie. Se expuso sobre las características botánicas, distribución, usos y beneficios, experiencias de propagación y requerimientos edafológicos y climáticos de cada una de las especies. Además, se compartió de manera escrita toda esta información, más las coordenadas de fuentes semilleras, así como las áreas de alto potencial para reforestación de todas las especies, con los dos viveros activos de la provincia de Imbabura, el vivero de Angochagua y el vivero de Cotacachi, y los comuneros interesados.

Para que los participantes aporten conocimientos acerca de estas especies se les mostraron muestras secas montadas de las especies de estudio, para que las reconozcan y puedan aportar información útil, además plasmaron su conocimiento, observaciones y/o recomendaciones en cortas encuestas que se les aplicó a cada uno de los presentes.

Toda la información proveniente de los asistentes acerca de las especies ayudó a enriquecer la sistematización de información acerca de propagación, fenología, usos, beneficios de cada una de las especies en estudio.

La exposición generó espacios para motivar a viveristas y personas interesadas a trabajar con estas especies. En general los asistentes plasmaron opiniones positivas en el taller, aunque también surgieron ciertos planteamientos acerca de la propagación de las especies y sitios de reforestación.

Uno de los temas referidos por los asistentes fue el del crecimiento de las especies objetivo, dónde algunos presentes sugirieron hacer ensayos para técnicas de aceleramiento del crecimiento de las especies:

Tal vez algunas especies pueden demorar demasiado tiempo en crecer. Técnico GPI.

Se debe hacer ensayos de propagación para ver cuál es la mejor manera de acelerar el crecimiento de las plántulas. Viverista de Cotacachi.

En cuanto a la propagación de las especies, algunos presentes hicieron recomendaciones en cuanto a la propagación con semilla y por regeneración natural:

"Es necesario hacer ensayos con semillas y material vegetativo para la propagación de las especies, para tener información documentada y así poder ir implementando las técnicas presentadas en este taller". Viverista de Angochagua.

"Posiblemente la utilización de plántulas de regeneración natural sería más ventajosa que propagar por semilla, ya que una vez establecidas las plántulas en el terreno se pueden ir dispersando con los animales". Estudiante UTN.

Con respecto a los sitios de reforestación, los presentes sugirieron pruebas de plantación directamente en terreno para observar el comportamiento de estas especies, ya que no hay ninguna experiencia documentada en campo. Además, se destacaron lugares entre límites de bosques y tierras agropecuarias:

Una vez realizada la reforestación, se debe la plantear hipótesis sobre si a largo plazo la fauna silvestre mantiene su límite en lugares reforestados con estas especies vegetales y disminuye la estadística por ataque del ganado o sembríos en lugares aledaños. Estudiante UTN.

Hay que hacer estudios de siembra y plantación para ver cómo se comportan estas especies en los lugares estratégicos que se han planteado. Técnico GPI.

Son prioritarios los lugares que están entre los límites de bosque y fincas, estos deberían ser reforestados para que la frontera agrícola no siga avanzando. Estudiante UTN

Finalmente, las perspectivas positivas acerca de la propuesta conllevan aspectos de conservación:

"La propuesta es completamente nueva para tomar decisiones enfocadas en la conservación de la fauna silvestre". Técnico GPI.

"Se debería considerar la propagación de estas especies en viveros ya que en la actualidad se están perdiendo en nuestros páramos" Viverista de Angochagua.

"Es importante asegurar la reforestación con estas especies, ya que se protege a los propagadores naturales como son los animales, para que sigan haciendo su trabajo de mantener en equilibrio al ecosistema". GAD Angochagua

"Estas especies se deben incluir en los planes de propagación, y reforestación del GPI, ya que se debe aumentar la variabilidad de especies nativas con las que se están trabajando". Viverista de Cotacachi.

Además, los asistentes estuvieron de acuerdo con que la propuesta ayudaría en la mitigación de conflictos:

"La propuesta de reforestación ayudaría a mitigar conflictos a mediano y largo plazo". Técnico GPI.

"La reforestación en los sitios estratégicos planteados permitirían generar espacios de alimento y refugio para el oso, y así no tendría la necesidad de comerse el maíz o el ganado. Por lo cual, bajaría el porcentaje de los osos problema" Comunero Imbabureño.

También se refirieron a que la reforestación sería beneficiosa para mantener los servicios ecosistémicos:

"Me parece buena idea reforestar los lugares planteados para proteger las fuentes hídricas". Técnico GPI

“El taller ha sido útil ya que aporta conocimiento de la alimentación de las especies, en este caso para el oso y otras especies en común, también beneficia a la contribución de la generación de cobertura vegetal”. Estudiante UTN.

Así mismo la propuesta da apertura para que los comuneros conozcan los beneficios de estas especies y la manera de ser propagadas, para que en un futuro la conservación pueda ir de la mano con un beneficio económico :

“Excelente información de como propagar las especies nativas de nuestro interés en nuestros terrenos” Comunero Pimampireño.

“La reproducción de estas especies puede ser un ingreso económico importante para los comuneros”. Estudiante UTN.

DISCUSION

8.1 Distribución potencial de especies de interés para el oso andino

No existen estudios de modelamiento de distribución potencial con las especies tratadas en este estudio con los que se pueda comparar los resultados, sin embargo existen investigaciones de modelado de distribución potencial con fines de reforestación como el modelamiento de distribución potencial para *N. acutifolia* (especie importante para el oso) en el corredor ecológico de Quito y un modelamiento de distribución potencial de *Prosopis laevigata* (alimento para fauna silvestre) en tres provincias de México con objetivos de reforestación (Palacios et al. 2016). Por lo cual, el modelamiento de las áreas de distribución potencial de especies para establecer plantaciones forestales o localizar áreas de reforestación es un instrumento muy útil usado en los estudios sobre conservación de vida silvestre (Austin, 2007; Soberón y Nakamura, 2009).

Con respecto a la distribución potencial del higuerón en la provincia de Imbabura, los resultados arrojaron el hábitat idóneo en altitudes que van desde los 1.700 a 2.500msn, encontrándose dentro del rango que muestran varios autores (Renner, Balslev y Holm-Nielsen, 1990; Jørgensen y Ulloa Ulloa, 1994). Además, se identificó que se desarrolla bien en ecosistema de Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles y arbustal siempreverde montano, que son ecosistemas pluviestacionales lo cual concuerda con el estudio de (Jorgensen y León-Yánez, 1999). Además, algo notable es que las áreas con más probabilidad de distribución están cerca de cuerpos de agua, lo que coincide con el estudio de Velásquez (1998) que indican que el higuerón es una especie que se desarrolla muy bien en riberas de ríos o cerca de arroyos. En este sentido, una de las variables que más influye en el modelo del higuerón es la precipitación y al ser una especie que se desarrolla en bioclima pluviestacional donde existen periodos de tiempo sin lluvia, la precipitación es una variable significativa para su buen desarrollo.

En este estudio se identificó que el higuerón se distribuye en ecosistemas de bosques y arbustales semideciduos y montanos, lo que concuerda con los ecosistemas que el oso andino habita, como lo menciona Tirira (2011). En cuanto a extensión, se identifica que el área de distribución potencial del higuerón se solapa en 9.516,43 ha con el área de distribución potencial del oso andino, en la provincia de Imbabura. Se infiere que el higuerón es importante para el oso ya que comparte un 45% del rango de su distribución,

pudiendo estar disponible para el oso andino. Su relevancia también lo han mencionado otros autores, en cuestión de alimento y refugio (Castellanos et al., 2005; Figueroa y Stucchi, 2013).

En cuanto al yalte, los resultados del modelamiento arrojaron que la distribución potencial se encuentra en altitudes que van desde los 2.500 a 2.900msn, que están dentro de los rangos mostrados en la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden. Además, el hábitat idóneo se encuentra en ecosistemas de bosque y arbustal siempreverde montano. Por otro lado, el modelamiento arroja que una de las variables más importantes es la textura de suelo, lo que concuerda con el estudio de Castillo et al (2018), dónde se identificó que el yalte se desarrolla muy bien en suelos con textura franco arcilloso – arenoso.

En este estudio, se identifica al yalte distribuido en ecosistemas de bosque y arbustal siempre verde montano, este tipo de ecosistemas también son habitados por el oso andino como lo menciona Cabezas et al. (2022). En cuanto a extensión, se identifica que el área de distribución potencial del yalte se solapa en 10.720,75 ha al área de distribución potencial del oso andino, en la provincia de Imbabura. Por lo cual se infiere que el yalte es importante para el oso ya que comparte un 57% del rango de su distribución, y podría estar disponible como fuente de alimento como lo mencionan (Castellanos et al., 2016).

El modelamiento de distribución potencial del motilón muestra que se desarrolla en altitudes que van desde 2400 hasta los 3200 msnm, lo cual muestra un rango altitudinal más alto que los datos mostrados en base de datos (gbif.org) dónde se registran desde los 1400 hasta los 2700 msnm. Por lo tanto, esta es una especie que registra un amplio rango altitudinal haciéndola más adaptable a diferentes tipos de ecosistemas. Por otro lado, el modelamiento arroja que una de las variables más importantes es la temperatura mínima del mes más frío, lo cual hace ver que las temperaturas bajas tienen que ver con su desarrollo.

Debido al amplio rango altitudinal en el cual el oso se distribuye, este comparte hábitat con el motilón, dónde se identifica que el área de distribución potencial del motilón se solapa en 16.757,31 ha con el área de distribución potencial del oso andino, en la provincia de Imbabura. Mostrando que es una especie importante para el oso andino, ya

que comparte un 55% del rango de su distribución, y podría estar disponible como fuente de alimento. Su relevancia en la alimentación del oso lo mencionan autores como Troya et al (2004).

Con respecto al moquillo, el modelaje de distribución potencial muestra que se desarrolla en altitudes que van desde los 2400 hasta los 3300 msnm, esto coincide con rangos en bosque alto andino del estudio de Muñoz (2011) y muestra que está dentro del rango mostrado por Agudelo (2021) que determinó 2200 – 3600msnm. Con esto se puede decir que es una especie de amplio rango altitudinal que se encuentra en varios tipos de ecosistemas, por ejemplo, el modelado dicta su distribución potencial en ecosistemas de bosque y arbustal siempreverde montano, arbustal siempreverde y herbazal del Páramo. La variable más importante determinada por el modelo es estacionalidad de precipitación, lo cual dicta que el moquillo puede responder a la alta estacionalidad, que es común en ecosistemas de bosque montano ya que existe una marcada época de lluvias y una época seca, esto puede relacionarse con la fenología de la especie, ya que según Muñoz (2011) en los meses más húmedos existe mayor producción de fruto.

Con respecto a la distribución del oso y del moquillo, autores como (Cabezas et al. 2022 y Tirira, 2011) mencionan la distribución del oso en ecosistemas de bosque y arbustal montano y páramo, al igual que el moquillo. En cuanto a la extensión, se identifica que el área de distribución potencial del moquillo se solapa en 17.067,40 ha con el área de distribución potencial del oso andino, en la provincia de Imbabura. Mostrando que es una especie importante para el oso andino, ya que comparte un 55% del rango de su distribución, podría estar disponible como fuente de alimento como lo menciona (Castellanos, 2005).

Finalmente, la distribución potencial del aguacatillo predomina en la cordillera occidental, en altitudes que van desde 1900 a 2600msnm y de acuerdo con León-Yánez et al. (2019), su distribución se extiende hasta altitudes de 3000 msnm. Según el modelaje el aguacatillo está en ecosistemas de bosque siempreverde montano bajo y bosque siempreverde montano de la cordillera occidental de los Andes. La variable más importante es la precipitación en el mes más seco, probablemente esto se relaciona con los ecosistemas pluviales dónde se distribuye el aguacatillo ya que según los datos

generados en este estudio el aguacatillo se desarrolla mejor con precipitaciones de 900 a 1400mm.

Con respecto a la distribución del oso y del aguacatillo delgado, autores como Castellanos et al. (2005), mencionan la distribución del oso en ecosistemas de bosque montano y bosque montano bajo, al igual que el aguacatillo delgado. En cuanto a la extensión, se identifica que el área de distribución potencial del aguacatillo se solapa en 10.732,72 con el área de distribución potencial del oso andino, principalmente en la cordillera occidental de la provincia de Imbabura. Por lo que se infiere que es una especie importante para el oso andino ya que el 25% de su distribución coincide con la del oso andino y podría estar disponible como fuente de alimento como lo mencionan Castellanos et al. (2016).

8. 2 Análisis Multitemporal de Cambio de cobertura y uso de la tierra entre los años 2000 y 2020.

En Imbabura, la deforestación es un problema importante para el oso andino, debido a que su hábitat se ha reducido principalmente por al avance de la frontera agrícola (Gaibor María, 2018). Los resultados de este estudio muestran que en la provincia de Imbabura en el periodo 2000 – 2020, aunque hubo un aumento de páramo en 8.280,91 ha, la reducción de bosque nativo fue considerablemente grande, con 179.315,66 ha en total, además hubo un aumento de tierras agropecuarias en 174.845,7 ha, de los cuales 159.473,66 ha son tierras que han sufrido un cambio de bosque nativo a tierras agropecuarias.

Esto coincide con estudios realizados en parroquias de la provincia de Imbabura dónde la tendencia principalmente es de la pérdida de bosques nativos, además del aumento de tierras agropecuarias. Según Cuasqui, y Sarchi (2022), en San Francisco de Sigsipamba, determinaron una pérdida de bosque y páramo de 1.733,09 ha, en el periodo de 1996-2020. De igual manera, Andrade y Espinoza (2019) mencionan que, en la parroquia de Plaza Gutiérrez, desde 1990 al 2017 ha existido una reducción del porcentaje de área de bosque nativo y páramo en un 13.40% y 4.43% respectivamente, y un aumento de áreas de cultivo en un 5.37% y pastoreo 3.63%, lo cual ha traído la pérdida de alimento y espacio de desplazamiento para el oso andino. Además, (Lozano, 2013) menciona que, en la parroquia de Chugá, desde el año 1991 al 2017 el área que ocupa los pastizales aumentó en un 9,11%, mientras que el área de bosque natural disminuyó en un 8,97%.

Por lo tanto, se infiere una reducción del bosque nativo sobre todo por el reemplazo hacia tierras agropecuarias en la provincia de Imbabura, esto conlleva una gran amenaza a largo plazo del oso andino, porque el bosque es unos de los ecosistemas principales donde habita el oso andino. Esto también conlleva una fragmentación de su hábitat, lo que puede provocar la restricción del acceso a zonas claves de alimentación, cría o refugio poniendo en riesgo la supervivencia del oso andino. Además, autores como (Ruiz-García et al., 2002 y Kattan et al. 2004) mencionan, que la pérdida y fragmentación del hábitat del oso resulta en poblaciones aisladas, lo que podría poner en riesgo su variabilidad genética.

De acuerdo con el modelado de distribución potencial del oso andino en la provincia de Imbabura (ANEXO C), el oso andino tiene un área de distribución de 96.490,78 ha, en la provincia. De esta área, 32.547,05 ha (34%) están sobre tierras agropecuarias, principalmente en los límites de áreas naturales y áreas agropecuarias, cabe recalcar que estas son zonas que han sufrido una transformación, ya que hace 20 años eran bosque nativo, páramo, vegetación arbustiva y herbácea. Esto hace ver la adaptación del oso a los cambios que han sufrido sus ecosistemas, sin embargo, también evidencia la gran amenaza hacia la especie, ya que como lo mencionan varios autores como Castellanos (2011), Laguna (2013), Andrade y Espinoza, (2019), es justamente en estas zonas que el oso, al ser una especie oportunista consume cultivos y ataca ganados, generando conflictos con los propietarios de estas tierras y poniendo en riesgo su supervivencia. Esto concuerda con el estudio de Portilla (2016) dónde identifica la distribución potencial del oso andino sobre áreas de amortiguamiento del Área Protegida Cayambe Coca, compuestas de zonas de cultivo, e infiere que el oso tiene gran capacidad de adaptación a zonas antropizadas, sin embargo, es riesgoso debido a la obtención de alimento por parte del oso y la generación de un conflicto oso -humano .

8.3 Criterios para la priorización final de áreas para reforestación

8.3.1 Desplazamiento del oso

El mapa de costos de desplazamiento del oso andino ha mostrado que hay unidades de suelo cuya conectividad se ve truncada por la intervención agropecuaria principalmente; en donde, el 28.42% de la provincia presenta algunas y severas limitaciones para el normal desplazamiento del oso andino. Es por esto por lo que en este estudio se ha tomado en cuenta este criterio para la priorización de áreas de

reforestación, poniendo énfasis en áreas dónde el oso tiene menos limitaciones para desplazarse, ya que estas áreas servirían para conectar parches hacia las áreas protegidas (páramo y bosque) y generar áreas de desplazamiento para el oso. En este sentido, Goldstein et al., (2015); Márquez et al., (2017), mencionan que la conexión de parches a las Áreas Protegidas permite reducir la pérdida y fragmentación del hábitat y evita la interacción negativa entre los osos y los humanos. Y además para cumplir con objetivos de conservación exitosos es fundamental tomar en cuenta la conectividad de la red o el paisaje (Fajardo et al., 2014).

8.1.2 Sitios de conflicto

En este estudio, mediante un modelamiento de distribución potencial, se logró identificar 114.105,74 ha con un potencial de conflicto oso – humano, por consumo de cultivos o ataques a ganado. Además, se pudo identificar que las zonas con probabilidad de conflicto se ubican dentro de las parroquias de: Apuela, San José de Quichince, San Francisco de Sigsipamba, Mariano Acosta, Angochagua, Ambuquí, Selva Alegre, La Carolina. Esto hace evidente el gran riesgo que corre el oso andino en la provincia de Imbabura, ya que los sitios de conflicto representan el 24% de la extensión de la provincia.

En Imbabura no existen estudios publicados de modelación de distribución potencial para el conflicto oso – humano, sin embargo, A. Laguna menciona que existen 20.000 ha con alta probabilidad de conflicto en la provincia de Imbabura, cantidad que según este estudio se ve magnificada a 114.105,74 ha potenciales para conflicto.

Además, en la provincia de Imbabura, se han hecho varias valoraciones socio ambientales dónde han identificado conflictos en varias parroquias, por ejemplo, en la cordillera oriental, en las parroquias de San Francisco de Sigsipamba (Bazantes et al. 2018), Chugá (Lozano, 2019), Mariano Acosta (García, 2021) y Pimampiro (Perachimba, 2023) ; en la cordillera occidental, en las parroquias de Plaza Gutiérrez (Andrade, et al. 2019) y Apuela (Flores, 2019).

8.1.3 Voluntad de participación comunitaria para reforestación

En este estudio se hizo un acercamiento con respecto a la opinión de la comunidad acerca de la reforestación con especies nativas importantes para el oso, el 64% de los

entrevistados apoyaría iniciativas de reforestación en su comunidad con las especies propuestas y el 59% le gustaría incluir estas especies en sus terrenos privados. Por otro lado, se logró inferir una falta de interés en la propuesta de reforestación sobre todo con gente entrevistada en las parroquias de la cordillera occidental como por ejemplo Lita y Selva Alegre.

En este sentido, en la provincia de Imbabura se han realizado estudios que tienen que ver con la voluntad de la gente de la zona de influencia del conflicto ante estrategias de manejo de conflicto, sobre todo en la cordillera oriental de la provincia. En parroquias como San Francisco de Sigsipamba y Mariano Acosta se propuso la reforestación como medida de mitigación del conflicto oso – humano, en tierras de 24 y 10 propietarios, respectivamente, los cuales sí estuvieron de acuerdo en reforestar sus fincas (Gaibor 2018; Gaspar Andrea, 2019).

De igual manera, de las personas entrevistadas en este estudio el 65% cree que, si funcionara la reforestación como una manera de mitigar el conflicto a largo plazo, esto también se relaciona con el conocimiento que los encuestados tienen acerca de los ataques de los osos donde, el 45% de los entrevistados mencionan que es por falta de alimento natural y están conscientes de que los humanos han ido quitándole hábitat y recursos a los osos, y que la reforestación sería una buena alternativa. Esto concuerda con los estudios, en San Francisco de Sigsipamba dónde, el 52% de los encuestados mencionaron que el oso ataca por falta de alimento (n=13) (Bazantes y Revelo, 2018); en la parroquia de Apuela, el 90.77% de los encuestados también piensan que el oso ataca por falta de alimento natural (n=65familias) (Flores, 2019).

Estos resultados dan una idea general de la opinión de la gente ante la reforestación con las especies de interés del oso, dónde gran parte de la gente entrevistada se muestra con interés de apoyar las iniciativas de reforestación, sin embargo, con algunos comuneros existe falta de interés y falta de conocimiento ante esta alternativa. Estos estudios y trabajos con la comunidad se deberían profundizar en las dos cordilleras de Imbabura, enfocándose en evaluar percepciones de la gente y con base a eso, establecer programas de educación para fomentar el conocimiento de la comunidad hacia su entorno para fomentar la consciencia de los problemas y las alternativas de su manejo. También es importante informar a la gente de los beneficios que conlleva participar en estas

alternativas de reforestación para manejar estos conflictos, como, por ejemplo la generación de recursos como alimento, refugio y movilidad para el oso y otras especies silvestres, donde a largo plazo reduciría la presión sobre cultivos y ganado; además el aumento de la cobertura boscosa; y la generación de oportunidades de que las comunidades locales accedan a financiación climática (REDD+), “Proyecto Socio Bosque”(en el cual el estado recompensa económicamente por la conservación de bosques), lo cual les aportaría económicamente. A nivel provincial sería importante que los Gobiernos locales impulsen el proyecto “Herencia Verde” (promueve la reforestación con fines de producción, recuperación y restauración) en todos los cantones, socializando y comprometiendo a la comunidad hacia la reforestación (Prefectura de Imbabura, 2018), además se podría sugerir tomar en cuenta las especies y áreas identificadas como potenciales para reforestación, según este estudio.

8.4 Priorización final de áreas potenciales para reforestación

En el presente trabajo, mediante todos los criterios generados como cambio de uso de suelo, distribución potencial de especies vegetales, sitios de conflicto, y desplazamiento del oso, se identificaron áreas con un potencial de reforestación alto, medio, bajo y sin potencial. Se considera que las áreas de reforestación con potencial alto estarían disponibles actualmente para una reforestación. Las áreas con potencial medio y bajo no serían recomendables reforestar en la actualidad, pero se si se las podría considerar para reforestaciones futuras. Finalmente, las áreas sin potencial de reforestación son áreas dónde no se podrían desarrollar las especies de estudio ni actualmente, ni en un futuro.

Se destacan a las áreas con alto potencial de reforestación, ya que estarían disponibles actualmente para reforestación. El modelaje arrojó en gran parte a zonas con vegetación arbustiva y herbácea. Se consideran relevantes ya que sería una buena opción implementar un enriquecimiento forestal con las especies vegetales propuestas, por lo que la mayoría de estos terrenos están fuera del Sistema de Áreas Protegidas y probablemente sean de propiedad privada. Algunas de estas zonas coinciden con áreas para recuperación (zonas con erosión de diferentes tipos) y restauración (servidumbres de causes de río y ecosistemas degradados) que propone la Prefectura de Imbabura (2019) en el mapa del plan de áreas para forestación y reforestación en la provincia de Imbabura. Asimismo, coincide con el estudio de Armién et al. (2015),dónde se implementó enriquecimiento forestal con especies nativas en terrenos privados con el apoyo de

REDD+, como alternativa para reducir la deforestación y el uso inadecuado de los suelos en zonas de Panamá, esto da un ejemplo que estos sistemas podría funcionar

Además, en su mayoría no se consideran tierras agropecuarias en la categoría de alto potencial de reforestación ya que se podría atraer al oso a generar más y nuevos conflictos. Sin embargo, el modelado se enfoca en ciertas tierras agropecuarias que antes eran bosque, es decir con aptitud forestal y que se encuentran entre los límites de bosque o páramo, donde se han producido conflictos porque están cerca al hábitat del oso; estas zonas serían útiles reforestar debido a que se crearía una zona o franja de amortiguamiento entre los predios y el hábitat del oso, y también conectaría algunos parches de bosque. Esto último concuerda con los estudios de Gaibor (2018) y Gaspar (2019), que zonificaron predios en San Francisco de Sigsipamaba y Mariano Acosta respectivamente, donde definieron zonas de amortiguamiento entre tierras agropecuarias y bosque para reforestación como estrategia para mitigar el conflicto oso-humano. También Wood (2023) menciona que la reforestación en áreas adyacentes a bosques maduros aumentará el tamaño de las parcelas de bosques y disminuirá los efectos de borde que mejorará el hábitat para la vida silvestre en los bosques maduros. Y de acuerdo con Sandoval-Guillén y Yánez-Moretta (2019), la reforestación con especies nativas en las áreas donde antes existía bosque sería clave para conectar fragmentos y que el oso se pueda desplazar ampliamente.

Las áreas con alto potencial de reforestación de las especies vegetales que coinciden con el área de distribución potencial del oso andino son: para higuerón 2.785 ha, yalte 1.876,20, motilón 5.049,52, moquillo 3.555,06 y aguacatillo 2.813,23 ha, sumando un total de 16.079,01 ha que estarían disponibles para el oso andino en la provincia. El restante de áreas que tienen alto potencial de reforestación que son 17,359.69 ha, no se solapan con las áreas de distribución del oso andino, sin embargo, están ubicadas contiguamente y son áreas que el oso, al ser una especie oportunista, podría llegar a usar. Estas áreas podrían llegar a estar disponibles para el oso, ya que se generarían recursos como alimento, refugio, zonas de desplazamiento, así como lo mostrado en el estudio de Wildlife Conservation Society, (2021), donde a través de la reforestación en la cordillera oriental de Colombia, el oso llegó a áreas dónde antes no se distribuía, utilizando los recursos generados por la reforestación. Además, el oso muestra preferencia a los frutos

de los árboles, por lo cual él se alimenta mientras estén disponibles (Rodríguez et al., 1986; Peyton, 1999).

8.4 Limitaciones de estudio

Una de las limitaciones del estudio fue la complejidad para encontrar en campo algunas especies vegetales objetivo. Se obtuvieron pocos registros de presencia de las especies*:* *H.scabrida* con 15 registros*, O.pachypoda* con 10 registros y *O. caesariata* con 9 registros. En el caso de *O.pachypoda*, según el libro rojo del Ecuador está declarada como en peligro crítico de extinción debido a la deforestación, colonización y minería (León-Yánez et al. 2019), lo cual explicaría la dificultad para la detección de esta especie. Para las otras especies lo preocupante sería que estén reduciendo su cobertura debido a factores antropogénicos como la deforestación o expansión agrícola pero no hay estudios específicos de cada especie que corroboren esto. Sin embargo, sabemos que, en Imbabura, según el Ministerio del Ambiente (2018), para el período 2014-2016 la deforestación bruta fue de 1770 ha/año, y según los resultados de esta investigación para el periodo 2000 - 2020 la deforestación bruta es de 9.046,69 ha/año, lo que podría estar influyendo en pérdida de hábitat y la difícil detección de estas especies nativas dentro de la provincia. A pesar de todo esto, no se descarta otra conjetura de los pocos registros obtenidos, que también pudieron deberse a que hizo falta más esfuerzo de muestreo, ya que la zona de estudio es un área muy extensa (4.794,31 Km2), con varios tipos de ecosistemas y varias limitaciones de accesibilidad a los mismos.

Por lo mencionado anteriormente, se obtuvieron tamaños de muestra pequeños de algunas especies vegetales para utilizar en el modelamiento de distribución potencial, más sin embargo esta limitación se pudo solucionar con la aplicación del algoritmo Maxent con parámetros de regularización acorde a nuestros tamaños de muestra pequeños como lo sugiere (Phillips, 2004). Así, todos los modelos resultantes tuvieron una buena capacidad predictiva. Esto concuerda con los estudios de (Hernandez et al. 2006 y Wisz et al. 2008), dónde mencionan resultados útiles y fiables en los modelamientos con el uso de Maxent y tamaños de muestra pequeños de tan solo 5 a 10 observaciones.

CONCLUSIONES

- La presente disertación representa un primer acercamiento en la identificación de áreas con potencial de reforestación con especies de interés para el oso andino a partir de un análisis multicriterio, esto como una estrategia que contribuya a la conservación del oso andino y se pueda generar recursos a largo plazo para la especie, así mismo mejorar la conectividad y movilización del oso dentro de la provincia de Imbabura.
- En la provincia de Imbabura se ve una reducción importante de bosque nativo en el período 2000-2020, principalmente se da por el cambio hacia tierras agropecuarias, con esto se puede evidenciar la afectación que ha tenido uno de los principales hábitats naturales del oso, donde además se pudieron ir mermando los recursos de alimento natural, refugio o desplazamiento para el oso andino.
- La distribución potencial de las especies vegetales en la provincia de Imbabura abarca 148.819,42 ha aproximadamente, de las cuales 84.025,61ha (57%) coinciden con la distribución potencial del oso andino. Por lo cual se puede ver que debido a su distribución y los recursos que pueden ofrecer, son especies relevantes para el oso andino en gran parte de su área de distribución.
- Se destaca la identificación de áreas con un nivel de alto potencial que son áreas que actualmente estarían disponibles para una reforestación. Estas incluyen áreas de conexión hacia las áreas de conservación (áreas protegidas, socio bosque y bosques protectores) que pueden facilitar la movilización del oso dentro de la provincia; así mismo zonas limitantes entre bosques y tierras agropecuarias que podría crear franjas de amortiguamiento.
- Las áreas con un nivel de alto potencial de reforestación suman un total de 33.438,7 ha, de las cuales 16.079,01 ha (49%), se solapan con la distribución potencial del oso andino, por lo cual se muestra que estas áreas estarían disponibles para la especie dentro de la provincia de Imbabura, y se deberían concentrar los esfuerzos de reforestación en las mismas.
- Finalmente, los métodos de propagación o reproducción de las especies vegetales tratadas en esta investigación han sido poco estudiados, y existe poca información documentada, sin embargo, en este documento se han identificado las bases científicas y se ha sistematizado experiencias para que puedan ser tomadas en

cuenta para estudios complementarios y sirvan de herramienta para su propagación en viveros de la prefectura de Imbabura.

RECOMENDACIONES

- En este estudio se localizó pocos registros de presencia de las especies vegetales por lo cual se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo; sin embargo, también sería importante realizar estudios sobre tamaños poblacionales de las especies vegetales para saber si existe algún riesgo en su estado de conservación.
- Se pudo evidenciar que hay muchos vacíos de información en la propagación de las especies vegetales de estudio, por lo cual es importante que se enfatice investigaciones acerca de ensayos y pruebas de propagación en viveros con higuerón, moquillo, motilón, yalte, aguacatillo, con el apoyo de la academia y viveros activos de la Prefectura, para esto se podría tomar como base la información recolectada en este documento acerca de fuentes semilleras, métodos de propagación y condiciones edafoclimáticas adecuadas para el desarrollo de estas especies.
- Se recomienda hacer estudios fenológicos más detallados de las especies vegetales de estudio, en la provincia de Imbabura, ya que en este estudio solo se pudo muestrear en ciertos meses y no se tiene información completa de la fenología de las especies, esto sería útiles para planes de propagación futuros.
- En este trabajo se realizó un acercamiento con las comunidades que están en la zona de influencia del conflicto oso – humano para saber su voluntad en la participación de la reforestación como estrategia de mitigación de conflictos, se recomienda trabajar más en la socialización y educación ambiental sobre estas propuestas de reforestación para que los comuneros vean a la reforestación como una opción beneficiosa no solo para las personas sino también para el oso andino.
- Se recomienda impulsar políticas que incentiven la reforestación dentro de la provincia de Imbabura como por ejemplo el plan de forestación y reforestación de la Provincia de Imbabura y el proyecto Herencia verde, para que los finqueros se comprometan con la reforestación.

IMPLICACIONES PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE

La presente investigación está enmarcada en el proyecto macro de la Prefectura de Imbabura que es la Investigación y monitoreo de especies paraguas (oso, tapir, puma, venado de cola blanca y jaguar) como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas estratégicos y fuentes hídricas. Y una de las aristas que trata la Prefectura es el manejo de los conflictos oso-humano que se han venido dando en la Provincia de Imbabura. Los resultados de la presente investigación generan una alternativa que puede ser utilizada como herramienta en el ámbito científico, para la generación de estrategias que ayuden a mitigar el conflicto oso-humano a largo plazo y así contribuir a la mejor toma de decisiones.

Además, los resultados de esta investigación podrían ser útiles para llenar vacíos de información acerca de las especies vegetales de estudio y pueden servir en proyectos que se están llevando a cabo dentro de la Provincia. Por ejemplo, el proyecto "Biocorredor Andes Norte entre las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha (BIAN)", en coordinación con gobiernos locales, Prefectura de Imbabura y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE); el cual se enfoca en la identificación de especies forestales promisorias multipropósito para mejorar la conectividad biológica del BIAN, dónde se consideran al higuerón, yalte, motilón y moquillo como especies nativas para reforestación. Al igual que el presente estudio, estas especies se consideran importantes ya que sirven de alimento o refugio para el oso andino y otras especies de fauna silvestre.

Además, las especies vegetales son relevantes ya que existe un gran porcentaje de solapamiento entre la distribución de estas especies y la distribución del oso andino. Así mismo, algunas zonas de nuestros modelados también coinciden con zonas consideradas por la Prefectura de Imbabura (2019) en su plan de forestación y reforestación. Por tanto, sería relevante tomar en cuenta las especies vegetales de este estudio para incluirlos en los planes de forestación y reforestación futuros, porque además que son importantes para el oso, también son especies multipropósitos con grandes beneficios ecosistémicos.

Existen evidencias de que la reforestación enfocada a la fauna silvestre es una estrategia prometedora para expandir y recuperar hábitat, además de proveer recursos (Wildlife Conservation Society, 2021; Tomita y Hiura, 2021; Barnett et al. 2016). Los resultados obtenidos en este estudio tienen implicaciones importantes para la conservación del oso

andino, ya que la introducción de cobertura boscosa serviría para expandir y recuperar el hábitat del oso andino, generando zonas para alimentación, refugio y movilización. La reforestación basada en la generación de recursos para el oso andino es una herramienta valiosa para mantener poblaciones viables y garantizar su supervivencia (Sudduth et al. 2011).

El oso andino al tener un comportamiento alimenticio oportunista se ha visto inmerso en conflictos por alimentarse de cultivos o ganado, sin embargo los estudios muestran que mantiene una preferencia por los frutos de las especies vegetales cuando están disponibles (Rodríguez et al., 1986; Peyton, 1999), por lo cual estudios como estos son importantes para la especie, ya que se pone énfasis en especies que son de interés para el oso andino y se da una alternativa de generación de recursos para el oso a largo plazo, lo que podría influir positivamente en las interacciones oso-humano.

Por otro lado, Brandbyge y Holm – Nielsen (1991) afirman que hay cerca de 2000 diferentes especies arbóreas en el Ecuador. No obstante, la mayoría de los programas o proyectos de reforestación han estado basados en tres especies exóticas, Pino (*Pinus patula y Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (Aguilera y Jalón de Torbay, 2018). Por lo cual es de gran importancia diversificar los viveros con especies nativas multipropósitos. Por esto, este estudio sería de gran importancia ya que brinda información para que las especies vegetales de estudio sean incluidas en planes de viveros en la provincia de Imbabura. Además, en este estudio se han detectado pocos individuos de la mayoría de las especies y sería de gran importancia el recuperar estas especies nativas para su conservación, incluyendo al *O.pachypoda* que según el libro rojo de especies endémicas del Ecuador se encuentra en la categoría de peligro crítico.

Así mismo, la reforestación y forestación permitiría el aumento de la cobertura forestal con árboles de alto valor en el paisaje productivo y esto a su vez podría generar oportunidades para que las comunidades locales accedan a financiación climática (REDD+) (Griscom et al., 2017). También sería importante que una vez que se realice la reforestación, sobre todo en terrenos privados, se incentive a la protección de estos hábitats con incentivos a la comunidad como por ejemplo el “Proyecto Sociobosque” que trata de convenios con las comunidades, pueblos, nacionalidades o personas naturales

del Ecuador, dónde reciben incentivos económicos a cambio de la conservación de bosques, páramos u otros ecosistemas nativos (Ministerio del Ambiente, 2013).

Además de los grandes beneficios ecológicos que brinda el oso andino, también su conservación podría brindar oportunidades económicas hacia las comunidades que se dediquen a la recuperación y conservación de sus hábitats. Ejemplos como el de comunidades de Perú (Orrillo, 2022; Salcedo y Flores, 2021), y en Ecuador (Gallegos, 2022; Molina, 2012), donde realizan ecoturismo, son experiencias de éxito para la comunidad con la conservación del oso andino. Por tanto, estas iniciativas de ecoturismo podrían ser implementadas en otras zonas estratégicas de Imbabura ya que en este estudio se identificó áreas potenciales de reforestación entre los límites de bosques y tierras agropecuarias, estas zonas podrían funcionar como áreas para realizar un ecoturismo sustentable, por ejemplo, en las parroquias de Pimampiro, San Francisco de Sigsipamba, Pataquí, Apuela y Cuellaje. Para esto también ayudaría la reforestación en las franjas de amortiguamiento de bosques y fincas que es donde usualmente existe presencia de oso, así el ecoturismo proporcionaría un aporte adicional a los beneficios que la comunidad obtiene de la restauración de sus paisajes y al mismo tiempo darían un valor extra hacia la conservación del oso andino.

Finalmente, cabe mencionar que, es importante trabajar sobre todas las aristas que conlleva el problema de conflicto entre el oso y humano que nace de la pérdida y fragmentación del hábitat del oso, que a su vez se agrava por el mal manejo ganadero y la falta de tolerancia de los comuneros hacia el conflicto. Por lo cual es necesario un enfoque integral con alternativas que sean compatibles con la conservación del oso andino y la mejora de las condiciones de vida de los comuneros es necesario para lograr mitigar el conflicto a corto, mediano y largo plazo.

ANEXOS

ANEXO A- Evidencia fotográfica de las especies vegetales de estudio.

Ficus cuatrecasasiana (higuerón)

Hieronyma scabrida (motilón)

Ocotea caesariata (yalte)

Saurauia bullosa (moquillo)

Ocotea pachypoda (aguacatillo delgado)

ANEXO B. Formato de encuesta para saber la voluntad de reforestación de los pobladores.

ENCUESTA SOBRE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA PARA REFORESTACIÓN

Universidad Nacional, Costa Rica

La presente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre la participación de la comunidad en reforestación con especies forestales (motilón, pache, higuerón, yalte), importantes para el oso andino. Esto como parte de una tesis de investigación apoyada por la Prefectura de Imbabura. ¡Muchas gracias por su colaboración!

DATOS INFORMATIVOS:

FECHA:……..
PROVINCIA:……..……. CANTON:…… PARROQUIA:…….. LOCALIDAD:……..…….... NOMBRE DEL PROPIETARIO:…….…….. EDAD…… OCUPACIÓN…….. CONTACTO……

PREGUNTAS:

1. ¿Ha recibido ataques a su ganado por parte del oso andino?

SI…… NO……..

2. ¿Ha tenido pérdidas de cultivos por causa del oso andino?

SI……... NO……..

3. ¿Por qué cree que el oso está atacando al ganado y/o cultivos?
    - Por falta de alimento en la naturaleza
    - Porque el oso es agresivo
    - Por gusto
    - Otros (especifique)…….

4. ¿Cree que la siembra de árboles que producen frutos de los que se alimenta el oso ayudaría a evitar o disminuir estos ataques? ¿Porqué?

SI……NO……
Porque…….

5. ¿Cree que la siembra de estas plantas beneficiaría a la convivencia del oso con la comunidad? ¿Porqué?

SI……NO……

6. ¿Cree que la siembra de estas plantas beneficiaría a la conservación del oso andino? ¿Porqué?

SI……NO……

7. ¿Le gustaría colaborar con instituciones como la prefectura de Imbabura en iniciativas de reforestación?

SI…… NO…….

8. ¿Estaría dispuesto a participar en la reforestación de áreas deforestadas aledañas a su comunidad/localidad?

SI…… NO……

9. ¿Estaría dispuesto incluir la siembra de las especies forestales mencionadas en su terreno, o sus alrededores?

SI……,. NO…….
OBSERVACIONES:……
……

ANEXO C. Registro fotográfico de encuestas hacia pobladores en la zona de conflicto.

ANEXO D. Ubicaciones de las fuentes semilleras de las especies vegetales.

Fuentes semilleras de *F.cuatrecasasiana*

Id	X	Y	Zona	Altitud	Lugar
1	844984	10032249	18 N	2442	Sigsipamba
2	823128	10033899	17 N	2438	San Eduardo
3	822410	10033926	17 N	2475	San Eduardo
4	841902	10038606	18 N	1962	Pimampiro
5	842068	10040266	18 N	1871	Pimampiro
6	841518	10036596	18 N	1955	Sigsipamba
7	840539	10035534	18 N	1946	Mariano Acosta
8	839824	10033583	18 N	2198	Mariano Acosta
9	840459	10031816	18 N	2228	Mariano Acosta
10	841936	10035630	18 N	1926	Sigsipamba
11	842428	10034955	18 N	1972	Sigsipamba
12	842447	10040915	18 N	1781	Chugá
13	845063	10039118	18 N	2383	Pimampiro
14	845761	10038354	18 N	2487	Pimampiro
15	808686	10057402	17 N		Cahuasquí
16	811236	10055533	17 N	2232	Pablo Arenas
17	749512	10035084	17 N	1560	García Moreno
18	774556	10046096	17 N	1900	Cuellaje

Fuentes semilleras de *O.caesariata*

ID	X	Y	Zona	Altitud	Lugar
1	847988	10040196	18 N	2817	Chugá
2	844646	10030528	18 N	2756	Sigsipamba
3	846345	10038356	18 N	2680	Pimampiro
4	847295	10038188	18 N	2502	Pimampiro
5	794974	10020379	18 N	2680	Pimampiro
6	794376	10022396	17 N		San José de Quichinche
7	794063	10022774	17 N	2840	San José de Quichinche
8	845619	10037631	18 N	2703	Chugá
9	846211	10035396	18 N	2632	Pimampiro

Fuentes semilleras de *H.scabrida*

ID	X	Y	Zona	Lugar
1	848067	10040218	18 N	Chugá
2	845077	10032310	18 N	Sigsipamba
3	841019	10030622	18 N	Sigsipamba
4	841019	10029630	18 N	Sigsipamba
5	845854	10038241	18 N	Pimampiro
6	846815	10038284	18 N	Pimampiro
7	800466	10018280	17 N	Otavalo
8	794083	10022675	17 N	San José de Quichinche
9	795034	10020459	17 N	San José de Quichinche
10	794657	10020957	17 N	San José de Quichinche
11	846128	10035407	18 N	Sigsipamba
12	846933	10035452	18 N	Sigsipamba
13	794751	10064913	17 N	Buenos Aires
14	793972	10022037	17 N	Pataquí
15	783842	10031347	17 N	Selva Alegre

Fuentes semilleras de *S.bullosa*

ID	X	Y	Zona	Altitud	Lugar
1	845075	10032310	18 N	2483	Sigsipamba
2	843633	10033932	18 N		Sigsipamba
3	844041	10030525	18 N	2675	Pimampiro
4	845779	10038360	18 N	2487	Pimampiro
5	846422	10038363	18 N	2499	Pimampiro

6	842023	10038730	18 N		Mariano Acosta
7	838748	10031073	18 N	3260	Mariano Acosta
8	837725	10030953	18 N	3324	Otavalo
9	842118	10028519	18 N	3025	Otavalo
10	800466	10018280	17 N	3326	Angochagua
11	827345	10027587	17 N	2877	San José de Quichinche
12	794936	10023331	17 N	3179	San José de Quichinche
13	794447	10022949	17 N	3039	San José de Quichinche
14	793628	10019586	17 N	2564	San José de Quichinche
15	795476	10022996	17 N		Pimampiro
16	836893	10035385	18 N	2636	Pimampiro
17	846148	10035365	18 N	2533	El Sagrario
18	845561	10037135	17 N	3122	Buenos Aires
19	798195	10068545	17 N		Buenos Aires
20	795200	10065803	17 N		San José de Quichinche
21	796876	10023900	17 N	3000	Quiroga
22	793123	10033194	17 N		

Fuentes semilleras de *O.pachypoda*

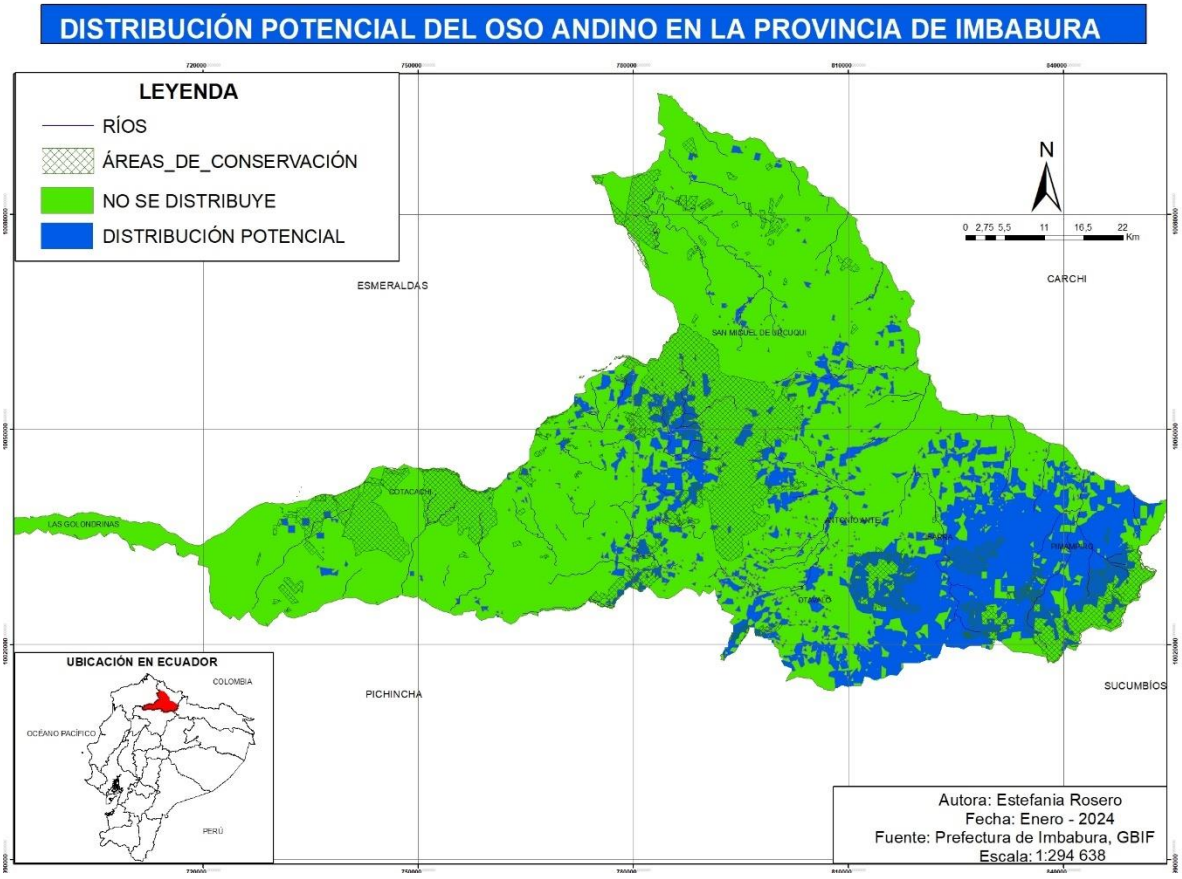
ID	X	Y	Zona	Altitud	Lugar
1	784693	10040206	17 N	2421	Plaza Gutiérrez
2	786910	10041332	17 N	2481	Plaza Gutiérrez
3	788094	10041205	17 N	2617	Plaza Gutiérrez
4	786440	10040169	17 N	2474	Plaza Gutiérrez
5	779982	10040831	17 N	1973	Apuela
6	781231	10046811	17 N	2141	Apuela
7	773476	10043998	17 N	2226	Cuellaje
8	774391	10043262	17 N	2021	Cuellaje
9	777527	10031842	17 N	1980	Selva Alegre

ANEXO D. Evidencia fotográfica del taller de socialización de conocimientos de especies vegetales en viveros forestales.

Exposición de propuesta de manejo de especies forestales

Intercambio de conocimientos con los asistentes del taller

ANEXO C. Distribución potencial del oso andino en la provincia de Imbabura.


DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL OSO ANDINO EN LA PROVINCIA DE IMBABURA
LEYENDA
RÍOS
ÁREAS_DE_CONSERVACIÓN
NO SE DISTRIBUYE
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL
N
0 2,75 5,5 11 16,5 22 Km
ESMERALDAS
CARCHI
SAN MIGUEL DE IBUQUI
COTACACHI
LAS GOLONDRINAS
ANTONIO ANTE
OTAVALO
PICHINCHA
SUCUMBÍOS
UBICACIÓN EN ECUADOR
COLOMBIA
OCÉANO PACÍFICO
PERÚ
Autora: Estefania Rosero
Fecha: Enero - 2024
Fuente: Prefectura de Imbabura, GBIF
Escala: 1:294 638

LITERATURA CITADA

Agudelo Zamora H (2021). Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Versión 1.2. Universidad Nacional de Colombia.

Aguirre, Z. (2006). Especies vegetales del bosque andino.

Álvarez, P., & Yánez, P. 2017. Actividades de conservación y de educación ambiental en torno a una especie emblemática, el tapir de montaña (Tapirus pinchaque), en sectores andinos del sur de Ecuador. INNOVA Research Journal, 2*:* 1-9.

Andrade, M., and G. Espinoza. 2019. Interacción ser-humano-oso andino (Tremarctos ornatus) en la parroquia Plaza Gutiérrez, cantón Cotacachi. propuesta para su conservación. Universidad Técnica del Norte.

Andújar, F; Moya, J. 2009. La pimienta: su cultivo y perspectivas en la República Dominicana. Santo Domingo, DO, JICA. 136 p.

Armién, I., Szejner, M., Emanuelli, P., Milla, F., Duarte, E., & Vergara, L. (2015). Enriquecimiento forestal con especies nativas en áreas con matorrales de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

Austin, M. P. 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling 200 (1-2):119.

Autoridad del Canal de Panamá Manual de reforestación: especies maderables no

tradicionales / Autoridad del Canal de Panamá. – Panamá: Editora Sibauste, 2008 44p, 23

Barnett, A., Fargione, J., & Smith, M. P. (2016). Mapping trade-offs in ecosystem services from reforestation in the Mississippi alluvial valley. *BioScience*, *66*(3), 223-237.

Bazantes Chamorro, J. A., & Revelo Morán, N. E. (2018). Interacción ser humano-oso andino (tremarctos ornatus) en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, cantón Pimampiro: propuesta para su conservación (Bachelor's thesis).

Brandbyge, J., & Holm Nielsen, L. B. (1991). *Reforestation of the high Andes with local species* (No. 634.956 B817 1991). Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, Quito (Ecuador).

Braudy, J. Bunce R. y Burel F. (2000). Hedgerow diversity: an international perspective on their irigin, function, and management. Journal of Environmental management 60: 722.

Cabezas, C. R., Salazar, M. M., & Quintana, C. (2022). Distribución potencial de Tremarctos ornatus (oso andino) en relación al cambio de uso de suelo de su hábitat en las estribaciones orientales del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas, 43(2).

Campaña, J. L. 1992. Estudio de los patrones de floración, biología floral y relación con los polinizadores del género Nectandra (Lauraceae) en la Reserva Florística "Río Guajalito". Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Castellanos A. 2004. Andean bear research in the Intag region, Ecuador. International Bear News, Quarterly Newsletter of the International Association for Bear Research and Management (IBA) and the IUCN/SSC Bear Specialist Group 13: 25-26.

Castellanos, A., Arias, L., Jackson, D., & Castellanos, R. 2010. Hematological and serum biochemical values of Andean bears in Ecuador Ursus 21:115-120.

Castellanos, A., D. Jackson, and L. Arias. 2016. Guidelines for the Rescue, Rehabilitation , Release and Post-Release Monitoring of Andean bears. Guidelines for the Rescue, Rehabilitation, Release and Post-Release Monitoring of Andean bears

Castellanos, A., Tapia, G. & Altamirano, M. 2005. Ecología Y Comportamiento De Osos Andinos Reintroducidos En La Reserva Biológica Maquipucuna, Ecuador: Implicaciones en La Conservación. Biología 6.

Castellanos, A., Torres, A., & Peñafiel, M. 2005. Conflictos de los sistemas productivos con la biodiversidad. Estudio de caso. Depredación a ganado vacuno por oso andino (Tremarcos ornatus) en la Cuenca del Río Cosanga.

Castillo, L. F., Leguizamón, P. A. G., González, A. S., Puentes, M. E. M., Tamayo, T. A. C., Fajardo, M. Y. C., ... y Espitia, W. M. (2018). Restauración de ecosistemas de montaña: cultura y ecología desde el páramo y el piedemonte llanero.

Chuvieco, E. 1995. Fundamentos de Teledetección Espacial (Segunda ed.). Madrid, España: Ediciones RIALP, S.A. doi:84321.2680.2

Congope. 2012. Plan de Forestación y Reforestación de la Provincia de Imbabura.

Cuasqui, N. V., & Sarchi Ramos, K. G. (2022). Estrategias de restauración ecológica del hábitat de tremarctos ornatus (oso andino) en la parroquia Sigsipamba, cantón Pimampiro. Universidad Técnica del norte.

Cuesta, F., & Suárez, L. (2001). Oso de anteojos (Tremarctos ornatus). Libro rojo de los mamíferos del Ecuador (Red book of mammals of Ecuador). Serie Libros Rojos del Ecuador, 1, 68-70.

De la Torre, L.; H Navarrete, P.; Muriel M.; MJ. Macía & H.Balslev (eds). 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Quito, Ecuador.

Díaz-Páez, M., & Polanía, J. (2017). Experiencia piloto de nucleación con especies nativas para restaurar una zona degradada por ganadería en el norte de Antioquia, Colombia. Biota Colombiana, 18(1 Sup), 60-69.

Díaz Cuasqui, N. V., & Sarchi Ramos, K. G. (2022). Estrategias de restauración ecológica del hábitat de Tremarctos ornatus (oso andino) en la parroquia Sigsipamba, cantón Pimampiro.

Domínguez, G. V., Vela-Vargas, I. M., Galindo, J., & Pérez-Torres, J. 2011. El oso andino sudamericano, su importancia y conservación. Ciencia 62: 44–51

Elith*, J., Graham*, C., Anderson, P., Dudík, R., Ferrier, M., Guisan, A., Hijmans R., Huettmann F., Leathwick J., Lehman A., Li, J., Lohmann L., Loiselle B., ... y E.

Elith, J., Leathwick, J. R., & Hastie, T. 2008. A working guide to boosted regression trees. Journal of Animal Ecology 77: 802-813.

Erazo García, N. M. (2022). Propagación sexual de hieronyma macrocarpa müll. arg. en la

parroquia Huaca, provincia del Carchi (Bachelor's thesis).

Erickson, A.W. 1966. Spectacled bear-status survey in South America. World Wildlife Fund. Morges 67: 206-207.

ESRI. 2016. ArcGIS, vers. 10.3. Environmental Systems Research Institute, Inc., Readlands, California, USA.

Fajardo, J., Lessmann, J., Bonaccorso, E., Devenish, C., & Munoz, J. (2014). Combined use of systematic conservation planning, species distribution modelling, and connectivity analysis reveals severe conservation gaps in a megadiverse country (Peru). PloS one, 9(12), e114367.

Fawagreh, K., Gaber, M. M., & Elyan, E. 2014. Random forests: from early developments to recent advancements. Systems Science & Control Engineering: An Open Access Journal 2: 602-609.

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.

Flores Barahona, K. O. (2019). Valoración socioambiental de la interacción gente-fauna con

énfasis en el oso andino Tremarctos ornatus en la parroquia Apuela, cantón Cotacachi.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

Franco P. (1990) The genus Hyeronima (Euphorbiaceae) in south America. Botanische

Jahrbücher für Systematik 111: 297-346.

Franco P. (1990) The genus Hyeronima (Euphorbiaceae) in south America Botanische Jahrbücher für Systematik 111: 297-346.

Figueroa, J., & Stucchi, M. (2013). Presencia del oso andino Tremarctos ornatus (Carnivora: Ursidae) en el Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró, sureste del Perú. Therya, 4(3), 511-538.

Fundación para el fortalecimiento de la fruticultura y plantas alimenticias no convencionales en Colombia (FFFPANCC) 2021. Plantas comestibles de Colombia. 1° Edición.

Gaibor Carreño, M. J. (2018). Propuesta de planes de ordenamiento a nivel predial para la disminución de la presión humano-fauna silvestre de 24 fincas en la Parroquia San Francisco de Sigsipamba, Cantón Pimampiro, Provincia de Imbabura, Ecuador. PUCE-Quito).

Gálmez, V., & Kómetter, R. 2009. Perspectivas y posibilidades de REDD+ en Bosques Andinos.

Gallegos, G. S. (2022). *Educación ambiental formal y no formal: concepciones sobre el oso andino, estudio de caso en la parroquia San Francisco de Sigsipamba del cantón Pimampiro* (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).

García-Rangel, S. & Velez-Liendo, X. 2017. Tremarctos ornatus. The IUCN Red List of Threatened Species.

García Palacios, M. M. (2021). *Evaluación del plan de acción aplicado para la reducción del conflicto ser Humano-Oso Andino en Mariano Acosta, Pimampiro*.

Gaspar Guanoluisa, A. P. (2019). Propuesta de planes de ordenamiento a nivel predial para la disminución de la presión humano-fauna silvestre de 15 fincas en la Parroquia Mariano Acosta, Cantón Pimampiro, Provincia de Imbabura, Ecuador. PUCE-Quito.

Gaulin, S. J., & Gaulin, C. K. (1982). Behavioral ecology of Alouatta seniculus in Andean cloud forest. International Journal of Primatology, 3, 1-32.

Gerique Zipfel, A. (2010). Biodiversity as a resource: plant use and land use among the Shuar, Saraguros, and Mestizos in tropical rainforest areas of southern Ecuador (Doctoral dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU).

Goldstein, I., Márquez, R. y Bianchi, G. (2015). Guía para el uso de trampas cámara: oso andino. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali. pp. 44.

Goldstein, I., Paisley, S., Wallace, R., Jorgenson, J., Cuesta, F., y Castellanos, A. (2006). Andean Bear-Livestock Conflicts: a Review. Reino Unido: Ursus.

González-Chávez, J. M. 2003. Recuperación de la cobertura vegetal del bosque alto andino mediante el sistema de siembre directa de especies arbóreas nativas, Universidad de los Llanos, Yopa, Colombia.

Gore, M. L. (2004). Comparison of Intervention Programs Designed to Reduce Human-Bear Conflict: A Review of the Literature.

Guisan A & Ne Zimmermann (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135: 147-186.

Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., ... & Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(44), 11645-11650.

Hernandez M. (2009). Ocotea caesariata. https://www.inaturalist.org/guide_taxa/1533004

Hernandez P.A., Graham C.H., Master L.L., Albert D.L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography 29:773–785.

Instituto Nacional Autonomo De Investigaciones Agropecuarias. 2012. Situación de los recursos genéticos forestales.

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. 2013. An Introduction to Statistical Learning, with Applications in R. Springer. New York: Springer. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-1- 4614-7138-7

Jorgensen P. y S. León-Yánez. 1999. Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America. The University Press Of Chicago.

Jorgensen, P. y Ulloa Ulloa C. 1994. Plantas con semillas de los Andes altos de Ecuador: una lista de verificación. AAU Rep. 34:1-443.

Justicia, R. (2007). Ecuador´s Choco andean corridor: A landscape approach for

conservation and sustainable development. Dissertation submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia of the requirements for the Degree in Doctor of Philosophy: Athens, Georgia.

Kattan, G., Hernández, O. L., Goldstein, I., Rojas, V., Murillo, O., Gómez, C., ... & Cuesta, F. (2004). Range fragmentation in the spectacled bear Tremarctos ornatus in the northern Andes. Oryx, 38(2), 155-163.

Kjellberg, F. y Maurice, S. (1989). Estacionalidad en la fenología reproductiva de Ficus: su evolución y consecuencias. Experiencia, 45, 653-660.

Kattan, G., Hernández, O., Goldstein, I., Rojas, V., Murillo, O., Gómez, C., Restrepo, H., & Cuesta, F. (2004). Range fragmentation of the spectacled bear Tremarctos ornatus in the northern Andes. *Oryx,* 38, 1-10. Disponible en: https://bit.ly/2N2dJqa

Flores Barahona, K. O. (2019). Valoración socioambiental de la interacción gente-fauna con énfasis en el oso andino Tremarctos ornatus en la parroquia Apuela Íntag, cantón Cotacachi.

Laguna, A. 2013. Estudio del conflicto oso andino (Tremarctos ornatus) - humano en los andes norte del Ecuador.

Laguna, A. 2013. Estudio del conflicto oso andino (Tremarctos ornatus) - humano en los andes norte del Ecuador.

Laguna, A. 2018. Manual de atención y prevención de ataques por oso andino (Tremarctos ornatus) al ganado en Ecuador.

León-Yánez, S., R. Valencia, N. Pitmam, L. Endara, C. Ulloa Ulloa y H. Navarrete (Eds).

2019. Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador.

Lees and Peres, 2008, A.C. Lees, C.A. Peres. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals

López Granados, E. M., Bocco, G., & Mendoza Cantú, M. E. (2001). Predicción del cambio

de cobertura y uso del suelo: el caso de la ciudad de Morelia. Investigaciones

geográficas, (45), 39-55.

Lozano Flores, M. F. 2013. Evaluación del impacto socioambiental de la interacción gente

oso andino (tremarctos ornatus) en la Parroquia Chugá, Cantón Pimampiro. Tesis, Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

Márquez, R., Bianchi, G., Isasi-Catalá, E., Ruiz Gutiérrez, V. y Goldstein, I. (2017). Guía

para el Monitoreo de la Ocupación de Oso Andino. Andean Bear Conservation Alliance.

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020. Plan de acción para la conservación del oso andino (Tremarctos ornatus) en el ecuador

Ministerio de la Agricultura de Ecuador. 2012. Bosques Secos Ecuador. Bosques Secos

en Ecuador y su diversidad 162–187.

http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/10/BosquesSecos4pdf.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2007. Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas.

Ministerio del Ambiente. 2010. Estrategia Nacional Oso Andino - Ecuador.

Ministerio del Ambiente. 2018. Reducción de la interacción humano/ oso andino mediante

la implementación de prácticas ganaderas sostenibles en 4 localidades de la zona norte del país. antecedentes. Quito, Ecuador.

Missouri Botanical Garden. 06 Oct 2023 https://tropicos.org/name/500188.

Molina, S. 2012. Análisis preliminar de la dinámica poblacional y amenazas del oso andino (Tremarctos ornatus) al nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) Ecuador, Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

Mueller, J. (2003). El Motilón, Hyeronima cf. Macrocarpa: especie promisoria para la región Andina Ecuatoriana. Proyecto Apoyo al Desarrollo Forestal Comunal en los Andes del Ecuador.

Muñoz, H. (2011). Fenología del moco (Saurauia bullosa) y motilón (Freziera canescens) en un bosque andino.

Muriel, P.; Pitman, N. (2004). " Ocotea pachypoda " . Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN . 2004 : doi : 10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T45588A11002237.en

Navarrete Macedo, C. E. (2019). Distribución potencial de especies forestales amenazadas y endémicas raras mediante modelos de nicho ecológico.

Navarro, M., González, L., Flores, R., & Amparán, R. (2015). Fragmentación y sus implicaciones. Análisis y reflexión documental. Universidad de Guadalajara.

Palacios Romero, A., Rodríguez Laguna, R., Hernández Flores, M. D. L. L., Jiménez Muñoz, E., & Tirado Torres, D. (2016). Distribución potencial de Prosopis laevigata (Humb.

et Bonpl. ex Willd) MC Johnston basada en un modelo de nicho ecológico. Revista mexicana de ciencias forestales, 7(34), 35-46.

Orrillo Chavez, G. (2022). Ecoturismo como estrategia de desarrollo sostenible del Área de Conservación Privada Hierva Buena-Allpayacu, provincia de Bongará, Amazonas, 2021.

Papeş, M., & Gaubert, P. (2007). Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. Diversity and distributions, 13(6), 890-902.

Parra, P. 2018. Identificación de áreas potenciales para reforestación con Nectandra acutifolia (pacches) mediante la aplicación de un modelo de distribución de especies, como estrategia de conservación para el corredor ecológico del oso andino en el distrito metropolita. Tesis, Universidad Católica del Ecuador.

Pearson, R. G. 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History 50: 54-89.

Pearson, R. G., Dawson, T. P., Berry, P. M., & Harrison, P. A. 2002. Species: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. Ecological modelling 154:289-300

Pearson, R.G., Raxworthy C., Nakamura M. y Peterson, A. (2007).Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic

geckos in Madagascar. J. Biogeog. 34:102–117.

Perachimba Sandoval, F. D. (2023). *Estimación de la población de individuos y amenazas del tremarctos ornatus en la Comunidad San Juan Del Inca, cantón Pimampiro*.

Peralvo, M., & Delgado, J. (2010). Protocolo metodológico para la generación del Mapa de Deforestación Histórica en el Ecuador continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.

Peralvo, M.F., F. Cuesta, and F.van Manen. 2005. Delineating priority habitat areas for the conservation of Andean bears in northern Ecuador. Ursus 16:223-233.

Pérez, G. M. (2016). Evaluación de la propagación de hyeronima macrocarpa Schltr.(Motilón), en tres tipos de sustratos, en la parroquia Ulba cantón Baños, provincia de Tungurahua. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Peyton, B. 1980. Ecology, distribution, and food habits of spectacled bears, Tremarctos ornatus, in Peru. J. Mamm 61: 639-652

Peyton, B. 1999. Spectacled bear conservation action plan. Bears: status survey and conservation action plan.

Phillips S.J, Dudik M. y Schapire R.E, (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning; Banff, Alberta, Canada. New York, NY, USA: ACM Press, pp. 655–662.

Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31(2), 161-175.

Plasencia-Vázquez, A. H., Escalona-Segura, G., & Esparza-Olguín, L. G. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. Acta zoológica mexicana, 30(3), 471-490.

Prado, L., & Valdebenito, H. 2000. Contribucion a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador. Intercoperation-FOSEFOR. Quito, Ecuador

Prefectura de Imbabura, 2019. Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial (PDOT) de la provincia de Imbabura. https://www.imbabura.gob.ec/index.php/componente-territorial/instrumentos-de-planificacion/pdot-cantonal/category/59-pdot-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial

Proyecto, G. E. F. 2007. Ecuador: Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF). Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Pulido Santacruz, P. (2005) Las cercas vivas: herramienta clave para la conservación de la biodiversidad en un paisaje rural de la cordillera central de los Andes Colombianos.

Renner, S., Balslev, H. y Holm-Nielsen L. 1990 Plantas cin flores de la Amazonía ecuatoriana: una lista de verificación. AAU Rep. 24:1-241.

Richardson, D. M. & Whittaker, R. J. (2010). Conservation biogeography-foundations, concepts and challenges. Diversity and Distributions, vol. 16, N° 3, p. 313-320.

Ríos Alvear, G. D., and C. P. Reyes Puig. 2013. Monitoreo del oso andino (Tremarctos ornatus) en tres áreas de bosque nublado en la cuenca alta del Pastaza. Boletín

Técnico, Serie Zoológica 11:91–108.

Rodríguez, D., F. Cuesta, I. Goldstein, L. Naranjo, and O. Hernández. 2003. Estrategia ecorregional para la conservación del oso andino – Tremarctos ornatus – en los andes del norte. Wildlife Conservation 38.

Rykiel Jr, E. J. 1996. Testing ecological models: the meaning of validation. Ecological modelling 90: 229-244.

Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48: 9-26. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-I.

Salcedo, K. E. P., & Flores, Y. C. (2021). Conflictos socioambientales en el Perú con la especie oso andino (Tremarctos ornatus): una revisión. *Social Innova Sciences*, *2*(2), 29-41.

Sánchez, L. M., Vélez, J. G., Durán, S. M., García, R., & Botero, J. E. (2010). Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Támesis Antioquia.

Sandoval-Guillén, P., & Yánez-Moretta, P. (2019). Aspectos biológicos y ecológicos del oso

de anteojos (Tremarctos Ornatus, Ursidae) en la zona andina de Ecuador y perspectivas para su conservación bajo el enfoque de especies paisaje. La granja. Revista de Ciencias de la Vida, 30(2), 19-27.

Sarmiento, F.O. 2002. Anthropogenic change in the landscapes of highland Ecuador. The Geographical Review, 92: 213-234.

Secretaría de Ambiente DMQ. 2014. Programa de Conservación del Oso Andino en el

Nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. 63.

Soberón, J. and M. Nakamura. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *In:* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Washington, DC, USA. Num. 106. pp. 19644-19650.

Somodi, I., Lepesi, N., & Botta-Dukát, Z. 2017. Prevalence dependence in model goodness measures with special emphasis on true skill statistics. Ecology and evolution 7: 863-872.

Suarez, L. 1988. Seasonal Distribution and Food Habits of Spectacled Bears Tremarctos omatus in the Highlands of Ecuador. Studies on Neotropical Fauna and Environment 23:133–136.

Syphard, A., & Franklin, J. (2009). Differences in spatial predictions among species distribution modeling methods vary with species trait and environmental predictors. Ecography, 32(6), 907-918. doi:10.111 l/j.l600-0587.2009.05883.x

Tapia, G., M. Altamirano, and A. Castellanos. 2005. Ecología Y Comportamiento De Osos Andinos Reintroducidos En La Reserva Biológica Maquipucuna, Ecuador: Implicaciones En La Conservación. Biología Politécnica 26.

Tirira, D. (2001). Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador. Ecuador:

Tomita, K., & Hiura, T. (2021). Reforestation provides a foraging habitat for brown bears (Ursus arctos) by increasing cicada Lyristes bihamatus density in the Shiretoko World Heritage site. *Canadian Journal of Zoology*, 99(3), 205-212.

Troya, V. 2002. Food habits of the Andean bear in different vegetation types in the Oyacachi river basin.Fundación EcoCiencia.

Troya, V., F. Cuesta, and M. Peralvo. 2004. Food habits of Andean bears in the Oyacachi River Basin, rEcuador. Ursus 15:57–60.

Túquerres B. (2013). Inventario Florístico en el sector Ushkapamba https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4762/6/UPS-YT00167.pdf

Van der Werff, H. (2017). Studies in Andean Ocotea (Lauraceae) IV. Species with unisexual flowers and densely pubescent leaves, or with erect pubescence or domatia, occurring above 1000 m in altitude. Novon: A Journal for Botanical Nomenclature, 25(3), 343-393.

Vargas, W. G. (2002). Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas.

Vela, I., Vázques, G., Galindo, J. y Pérez, J. (2011). El oso andino sudamericano, importancia y conservación. EcoCiencia.

Velásquez, M. 1998. Identificación, Fenología, Usos y Clasificación de los árboles y arbustos del bosque seco de Guápalas. Universidad Nacional de Loja.

Werff, H. van der. 1991. New Species of Lauraceae from Ecuador and Peru 78:409–423.

Wildlife Conservation Society (2021). Informe anual de resultados Año 2020. https://colombia.wcs.org/Portals/113/RTE/2020/20210329_INFORME%20ANUAL_2021.pdf?ver=7OU4qZNFDDxkyRsKYnzsuw%3D%3D&timestamp=1634930099153

Wisz, M. S., Hijmans, R. J., Li, J., Peterson, A. T., Graham, C. H., Guisan, A., & NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and distributions, 14(5), 763-773.

World Wildlife Fund, WWFFundación Wii, EcocienciaWildlife Conservation Society – WCS, (2003). Estrategia ecorregional para la conservación del oso andino – Tremarctos ornatus – en los andes del norte.

Yandún, C. (2015). Estudio etnobotánico en la Comunidad San Francisco, Parroquia La Carolina, Imbabura para potenciar el conocimiento de los recursos florísticos locales. *Imbabura. Universidad Técnica del Norte.*

Yerena, E., and D. Torres. 1994. Spectacled Bear Conservation and Dispersal Corridors in Venezuela 9:169–172.

Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29(2), 129-151.