

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ÁREA ACADÉMICA AGROFORESTAL**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS  
NATURALES Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN**

**Zonificación agroecológica del café (*Coffea arabica*) y el cacao  
(*Theobroma cacao, Lin*) en Costa Rica, mediante el sistema de  
zonas de vida.**

Trabajo Final de Graduación sometido al Tribunal del Área Académica  
Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica para optar por el  
grado de *Magister* en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías  
de Producción

**Edwin Alpízar Vaglio**

**Campus Cartago, Costa Rica  
2014**

## **Agradecimiento**

Deseo agradecerle al Dr. Edgar Ortiz Malavassi, mi profesor tutor de la tesis, por sus comentarios, sugerencias y consejos, los cuales fueron mi apoyo para solventar muchas de las dificultades técnicas que enfrenté durante la investigación.

Agradezco al Programa de Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, a sus profesores, a los coordinadores M.Sc. Rooel Campos Rodríguez y M.Sc. Rodolfo Canessa Mora, por la buena disposición a mis solicitudes y apoyo, especialmente a Carlos Hernández Vásquez, quien con su positivismo, me infundió la confianza de que todo se puede. Muchas gracias.

**Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal del Área Académica Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción.**



---

**Ph.D. Edgar Ortiz Malavassi**  
**Profesor Tutor**



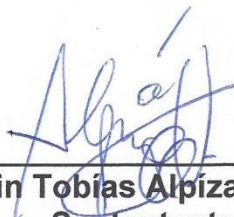
---

**M.Sc. Manuel Ramírez Umaña**  
**Lector**



---

**M.Sc. Rodolfo Canessa Mora**  
**Presidente del Tribunal**



---

**Edwin Tobías Alpizar Vaglio**  
**Sustentante**

## Índice

Capítulo 1. Introducción .....	11
1.1. Introducción.....	11
1.2. Objetivos.....	12
1.2.1. Objetivo general.....	12
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
Capítulo 2. Marco de Referencia .....	14
2.1. La zonificación agroecológica .....	14
2.2. Caracterización de los cultivos.....	15
2.2.1. El cultivo del café en Costa Rica.....	15
2.2.2. El cultivo del cacao en Costa Rica .....	16
2.3. Variables ambientales .....	18
2.3.1. Variables ambientales en café .....	18
2.3.2. Variables ambientales en cacao .....	19
2.4. Zonificación agroecológica del café .....	19
2.5. Zonificación agroecológica del cacao .....	24
2.6. El sistema de zonas de vida.....	26
2.7. El cambio climático y su influencia en el cultivo del café y el cacao.....	29
Capítulo 3. Metodología .....	31
4.1. Descripción del área de estudio.....	31
4.2. Contexto del cambio climático.....	32
4.3. Descripción metodológica.....	32
4.3.1. Mapa de asociaciones de zonas de vida.....	33
4.3.2. Mapas agroecológicos a partir de variables biofísicas.....	41
4.3.3. Validación de mapas.....	42
Capítulo 4. Resultados y discusión de resultados .....	43
4.1. Validación del mapa de zonas de vida con datos bioclimáticos .....	43
4.2. Mapa de asociaciones de zonas de vida.....	49
4.3. Zonificación agroecológica del café.....	54
4.4. Zonificación agroecológica del cacao .....	58
4.5. Comparación de mapas .....	60

4.5.1 Asociaciones de zonas de vida y café .....	60
4.5.2. Asociaciones de zonas de vida y cacao .....	65
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones .....	69
Bibliografía.....	73
Anexo 1 .....	80
Mapas utilizados y generados en el presente estudio.....	80
Anexo 2 .....	85
Nomenclatura y codificación adoptada para las asociaciones de zonas de vida .....	85
Anexo 3.....	87
Comparación de asociaciones de zonas de vida con clases productivas de café .....	87
Anexo 4 .....	91
Comparación de asociaciones de zonas de vida con clases productivas de cacao .....	91

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Descripción de las clases de café de Costa Rica, definidas por la Oficina del Café (Acosta y Cleves 1964).....	20
Cuadro 2. Tipos de café por zonas de producción, tipo de grano y taza, según la Oficina del Café, citado por Acosta y Cleves (1964).....	22
Cuadro 3. Zonificación cafetalera de Costa Rica, adaptado de Rodrigo Cleves, año 1975, citado por Rojas (1987).....	23
Cuadro 4. Valores de las variables utilizadas para la zonificación del cacao, según Arroyo y Ugalde, revisado por Campbell (Arroyo et al, 2003). .....	23
Cuadro 5. Categorías de limitaciones de suelos que influyen en el tipo de vegetación.....	34
Cuadro 6. Clases de limitaciones de suelos según su capacidad para retener humedad.....	35
Cuadro 7. Zonas de vida agrupadas según su provincia de humedad.....	36
Cuadro 8. Parámetros de clasificación de bosques deciduos y semi-deciduos.....	37
Cuadro 9. Zonas de vida con bosques nubosos, según Holdridge, citado por Stadtmüller (1986).....	38
Cuadro 10. Zonas de vida y transiciones en donde se pueden encontrar bosques nubosos.....	39
Cuadro 11. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) y el generado con datos bioclimáticos .....	44
Cuadro 12. Áreas de coincidencia y no coincidencias más importantes entre el mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) y el generado con datos bioclimáticos.....	46
Cuadro 13. Asociaciones de zonas de vida de Costa Rica, según condiciones específicas de clima, suelo y relieve.....	52
Cuadro 14. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa agroecológico de Rojas (1987) y el generado en SIG.....	56

Cuadro 15. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa agroecológico elaborado por Rojas (1987) y el generado en el SIG a partir de variables biofísicas.....	58
Cuadro 16. Áreas de coincidencia y no coincidencia del mapa agroecológico para cacao elaborado por Sánchez y Bonilla (1988) y el generado en el SIG a partir de variables biofísicas.....	59
Cuadro 17. Asociaciones de zonas de vida con potencial para el cultivo de café.....	63
Cuadro 18. Comparación de las variables de zonificación agroecológica del cacao, según Sánchez y Bonilla (1988) con las asociaciones de zonas de vida.....	67

## Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de zonas de vida del Dr. L.R. Holdridge. ....	27
Figura 2. Coincidencia y no coincidencia de las zonas de vida y sus transiciones, ubicadas en el diagrama de zonas de vida de Holdridge (1987).....	47
Figura 3. Mapa de asociaciones de zonas de vida de Costa Rica. Versión preliminar sin comprobación de campo.....	51
Figura 4. Mapa de zonificación agroecológica del café en Costa Rica, basado en asociaciones de zonas de vida.....	64
Figura 5. Mapa de zonificación agroecológico del cacao en Costa Rica, basado en asociaciones de zonas de vida.....	68



**Alpizar Vaglio, ET. 2014. Zonificación agroecológica del café (*Coffea arabica*) y el cacao (*Theobroma cacao, Lin*) en Costa Rica, mediante el sistema de zonas de vida. Tesis M.Sc. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 98 p.**

### **Resumen**

El sistema de zona de vida del Dr. R. L. Holdridge se plantea como una herramienta práctica para la zonificación agroecológica de cultivos, específicamente en café y cacao. Las zonas de vida, usualmente se utilizan para determinar la distribución natural de especies, comparándolas con variables biofísicas, principalmente climáticas de precipitación y temperatura; esta herramienta podría también aplicarse a cultivos. Utilizando un sistema de información geográfica (SIG), se generaron mapas de zonas de vida y agroecológicos para café y cacao, a partir de las variables biofísicas propuestas por los autores de dichos mapas. Estos mapas fueron comparados con los elaborados por dichos autores y se determinó que había poca coincidencia por diferentes factores técnicos, principalmente debido a los diferentes procedimientos con que fueron elaborados. Para comparar el mapa de zonas de vida con los mapas agroecológicos, fue necesario detallar el mapa al segundo nivel de asociaciones de zonas de vida, considerando otras variables biofísicas, tales como meses secos, neblina y limitantes de suelos por drenaje, profundidad efectiva y textura. Se identificaron 140 tipos de asociaciones de zonas de vida, sin comprobación de campo, algunas de poca extensión que supone errores al momento de cruzar las diferentes variables. El mapa de asociaciones de zonas de vida fue comparado con los mapas agroecológicos para café y cacao generados en el SIG a partir de las variables biofísicas propuestas por los autores. Se pudo determinar que, a pesar de las limitaciones encontradas, existe una relación entre las asociaciones de zonas de vida y las clases productivas utilizadas por los autores de los mapas agroecológicos para café y cacao; por lo tanto, el sistema de zonas de vida, aplicado a nivel de asociación, puede ser una herramienta práctica para la zonificación agroecológica; siempre y cuando se puedan resolver las limitaciones encontradas en el presente estudio. El café presenta un alto potencial productivo en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano, bajo condiciones zonales (sin limitantes) o con presencia de bosques deciduos. Es posible que el bosque húmedo Premontano también tenga un alto potencial, el cual no se reflejó debido a un problema técnico con la fórmula que calcula la biotemperatura. En el caso del cacao, la relación de los factores limitantes con las asociaciones de zonas de vida determinó que el cultivo tiene alto potencial solamente en aquellas asociaciones que son zonales en el bosque húmedo Tropical y el bosque muy húmedo Tropical y las transiciones de húmedo Tropical a Premontano y de muy húmedo Tropical a Premontano. Es necesario revisar las variables biofísicas que determinan las asociaciones de zonas de vida según la metodología propuesta en el presente estudio, con el fin de verificar la validez de los mismos; así como comprobar en el campo la presencia de asociaciones de zonas de vida y su relación con los cultivos de café y cacao.

**Palabras claves:** zona de vida, zonificación, agroecológico, café, cacao, meses secos, suelos limitantes, bosques nubosos, biotemperatura.

**Alpizar Vaglio, ET. 2014. Agro-ecological Zoning of Coffee (*Coffea arabica*) and Cacao (*Theobroma cacao, Lin*) in Costa Rica Using the Life Zones System. MSc. Thesis, Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 98 pp.**

### **Abstract**

Dr. R.L. Holdridge's life zone system is proposed as a practical tool for the agro-ecological zoning of crops, specifically coffee and cacao. Life zones are usually used to determine the natural distribution of species, comparing them with biophysical variables (primarily the climate variables of precipitation and temperature), but the tool could also be applied to crops. Using a geographic information system (GIS), agro-ecological and life zone maps were generated for coffee and cacao based on the biophysical variables proposed by the maps' authors. The maps were compared to those prepared by said authors and little coincidence was found for different technical factors, mainly due to the different procedures used for preparing them. To compare the life zone and agro-ecological maps it was necessary to map to the second level of life zone associations, taking into account other biophysical variables such as dry months, fog and soil limitations due to drainage, effective depth and texture. Some 140 types of life zone associations were identified, without field confirmation; some were quite small, leading to errors when crossing the different variables. The life zone association map was compared to the agro-ecological maps for coffee and cacao generated in the GIS on the basis of biophysical variables proposed by the authors. It was found that despite the limitations that were encountered a relationship exists between the life zone associations and the production classes used by the authors of the agro-ecological maps for coffee and cacao. At the association level, then, the life zone system could be a practical tool for agro-ecological zoning, as long as the limitations found in this study can be resolved. Coffee has high productive potential in the premontane very wet forest area under zonal conditions (without limitations) or in the presence of deciduous forest. The premontane wet forest may also have high potential, but this was not reflected due to a technical problem with the biotemperature formula. With cacao, the relating of limiting factors with life zone associations found high potential only in zonal associations in tropical wet forest and tropical very wet forest and transitions from tropical wet and tropical very wet to premontane. Verification is needed of the validity of the biophysical variables determining the life zone associations according to the proposed method in this study, and field confirmation is needed of the presence of life zone associations and their relationship to coffee and cacao crops.

**Key words:** life zone, zoning, agro-ecological, coffee, cacao, dry months, limiting soils, cloud forests, biotemperature.

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1. Introducción

La zonificación agroecológica es una herramienta que permite planificar el mejor uso de la tierra, en función de la productividad de los cultivos. Los principales cultivos del país ya cuentan con una zonificación agroecológica; sin embargo, estas zonificaciones consideran variables biofísicas, que no siempre son de fácil aplicación. Por ejemplo, algunas metodologías para zonificar café utilizan variables complejas como el índice potencial de producción o tan simples como la altitud; pero sucede que el rango de altitud que se aplica para café en Costa Rica, no es el mismo que se aplica en El Salvador o Guatemala, en donde se puede encontrar café a menor altitud.

El sistema de zonas de vida de Holdridge (1987) vincula la vegetación de un determinado sitio con variables climáticas de precipitación y biotemperatura, permitiendo definir la distribución natural de las especies. Podría ser que la distribución de cultivos mantenga este mismo patrón; de modo que conforme cambie la zona de vida a más húmedo, o más seca, o de un piso basal a uno montano bajo, también cambie la productividad de estos cultivos.

El presente estudio plantea que la zonificación agroecológica puede hacerse de manera práctica, utilizando el sistema de zonas de vida de Holdridge; de modo que se convierta en una herramienta sencilla para la identificación de áreas productivas de café y cacao en Costa Rica; simplemente conociendo en que zona de vida tiene el cultivo mejor desempeño.

Reviste importancia, el hecho que ante el fenómeno del cambio climático, el sistema de zonas de vida sea una herramienta práctica para establecer estrategias de adaptación, simplemente ajustando los valores de precipitación y temperatura y conociendo las potenciales distribuciones de las especies.

Sin embargo, el sistema de zonas de vida, comprende tres niveles, de los cuales solamente el primer nivel se conoce. Este utiliza las variables climáticas de precipitación y biotemperatura (un ajuste biológico de la temperatura). Para aplicar esta herramienta para la zonificación agroecológica, sería necesario disponer del segundo nivel del sistema, que es la asociación. Este nivel considera el suelo, su condición de humedad, el relieve y aspectos locales del clima, como el periodo seco, la presencia o no de neblina y viento.

Actualmente el país no cuenta con un mapa de asociaciones de zonas de vida. Sin embargo, hay suficiente información sobre suelos, clima y relieve, que permite hacer una aproximación a este segundo nivel del sistema. Es posible, mediante la utilización de un sistema de información geográfica (SIG), generar un mapa de asociaciones de zonas de vida y compararlo con los mapas de zonificación agroecológica, con el fin de conocer si existe concordancia entre estas asociaciones y las zonas de mayor productividad de los cultivos.

Los cultivos de café y cacao tienen importancia económica para el país. Pero además, son cultivos que se desarrollan en combinación con árboles (sistemas agroforestales). Significa que la sombra en estos cultivos juega un papel importante y podría estar vinculado con la productividad; por lo tanto la zonificación agroecológica utilizando asociaciones de zonas de vida, podría también determinar la cantidad de árboles que se pueden incorporar a estos cultivos, como una iniciativa de mitigación al cambio climático.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar si el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge puede utilizarse como una herramienta práctica para delimitar zonas agroecológicas del café y cacao, a través del uso del sistema de información geográfica (SIG).

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Generar por medio de un sistema de información geográfica (SIG) los mapas agroecológicos de café y cacao y el mapa de zonas de vida de Costa Rica, a partir de variables biofísicas.
2. Comparar los mapas de zonificación agroecológica de café, de cacao, y de zonas de vida de Costa Rica, generados en el SIG, con respecto a los mapas agroecológicos de café y cacao oficiales; y el de zonas de vida de Costa Rica, elaborado por Bolaños y Watson (1993).
3. Comparar los mapas de zonificación agroecológica de cacao y café para Costa Rica, generados en un sistema de información geográfica (SIG), con el mapa de asociaciones de zonas de vida de Costa Rica.
4. Identificar posibles asociaciones de zonas de vida afines a los cultivo de café y cacao.

## **Capítulo 2. Marco de Referencia**

Para la realización del presente estudio es necesario entender en qué consiste la zonificación agroecológica, cuáles han sido los esfuerzos nacionales por hacer una zonificación agroecológica para los cultivos en estudio; asimismo es pertinente hacer una descripción del sistema de zonas de vida, como herramienta para validar la zonificación agroecológica y las experiencias que se tienen en temas relacionados con la presente investigación.

Un tema transversal importante a considerar es el cambio climático; hoy es evidente que el cambio climático está afectando la distribución y productividad de cultivos como el cacao y el café y por lo tanto la zonificación agroecológica de estos cultivos estaría cambiando. Seguidamente se presenta la revisión de literatura necesaria para desarrollar el presente estudio.

### **2.1. La zonificación agroecológica**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO (1997), el propósito de zonificar consiste en separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo. La zonificación agroecológica (ZAE) define zonas con base en combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que se desarrollan.

De acuerdo con Soto et al. (2007), el crecimiento, desarrollo y la productividad de los cultivos están estrechamente relacionados y dependen completamente del clima, el suelo y ambiente en general donde han sido sembrados. Agregan que la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura. Los trabajos de zonificación

revisten gran importancia, fundamentalmente cuando se trata de hacer una planificación en los sectores productivos donde el ambiente juega un rol decisivo.

## **2.2. Caracterización de los cultivos**

El estudio comprenderá dos cultivos de importancia económica en Costa Rica; el cacao y el café. A continuación se hace una breve caracterización de la distribución y desarrollo de estos cultivos.

### **2.2.1. El cultivo del café en Costa Rica**

Según Mora (2008), el café que se comercializa proviene de tres especies: *Coffea arabica* L., *C. canephora* Pierre exFroehner y *C. liberica* Bull exHiern. De estas tres especies, la *Coffea arabica* o arábicas, es la más conspicua a nivel mundial, no sólo por el área sembrada y la cantidad suplida en el mercado, sino por la excelente calidad de su bebida; le siguen el *C. canephora* o robustas y, en menor escala del *C. liberica*.

Agrega Mora (2008) que el café arábigo se origina de Etiopía y Sudán, en tierras altas a más de 1000 m.s.n.m. De ahí fue distribuido por los persas a Arabia, los nativos africanos a Mozambique y Madagascar, y luego los holandeses y portugueses a otras regiones de Asia y África.

En 1808, bajo la égida del gobernador Tomás de Acosta empezó a arraigarse en Costa Rica el cultivo del café; sin embargo, la evidencia más antigua de plantaciones en Costa Rica datan de 1816. El Padre Félix Velarde fue considerado como el primer sembrador, al tener un solar con plantas de café. El primer cafetal estuvo 100 metros al norte de la Catedral Metropolitana, en el cruce de la Avenida Central y Calle Cero (Icafé, 2013).

El desarrollo del cultivo en Costa Rica se dio en la primera mitad del siglo XIX, cuando se empezó exportando a Panamá, luego a Chile y posteriormente a

Inglaterra, San Francisco de California y Alemania. El mercado se consolidó en la segunda mitad del siglo XIX, exportando importantes cantidades a Inglaterra, lo que propició que se sembraran extensas áreas hacia el occidente del Valle Central y luego se expandiera a la región atlántica (Icafé 2013).

Para el año de 1964 la extensión de café en el país era de 114.790,9 manzanas (80.035,1 ha), con una producción de 1,032.031 fanegas (Oficina del Café 1964); durante el periodo 2003-2006 el área de producción se estimó en 98.679,8 hectáreas (INEC; Icafé 2007); para el año 2012, el total de tierras con café se estimó en 93.774 hectáreas, con una producción en la cosecha 2010-2011 de 2,103.287 fanegas (Icafé 2011). Administrativamente el país se ha dividido en ocho regiones productoras de café: Valle Central, Valle Occidental, Guanacaste, Tres Ríos, Turrialba, Orosi, Brunca y Tarrazú (Icafé 2013).

### **2.2.2. El cultivo del cacao en Costa Rica**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es originario de América del Sur, específicamente en la amazonía brasileña, según estudios genéticos; pero a la llegada de los españoles se encontró también en Centroamérica (Cruz 2012). Existen dos tipos de cacao: el criollo, originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela y el forastero, originario de América del Sur y cultivado en las regiones de África y Brasil. Una tercera variedad es la trinitaria, producto del cruce entre el criollo y el forastero; la mayoría de los cacaotales del mundo son trinitarios (ProDeSoc 2006).

En la región centroamericana originalmente se cultivaba en la costa pacífica; por ejemplo, en El Salvador el cacao tuvo auge en la región de Sonsonate (Cruz 2012), en Nicaragua se cultivaba en León, Chinandega, Granada, Masaya y Carazo (ProDeSoc, 2006). Asimismo en Costa Rica los primeros reportes durante la conquista por Juan Vásquez de Coronado indican que el cacao se cultivaba en Quepos, así como en Talamanca y en la zona norte por los indios Votos (MacLeod 1996).



Un proyecto de la Universidad de Costa Rica (Morera et al. 2009), estudió el cultivo del cacao en el litoral pacífico de Costa Rica; partió de la evidencia arqueológica que indica que el cacao (*Theobroma cacao*) se cultivó en la península de Nicoya, desde antes de la época colonial, y con base en otras investigaciones que demuestran que el cacao fue domesticado por los indígenas en Centroamérica y México. Según Morera et al. (2009), se identificaron plantas de cacao en 21 sitios geográficos de la región pacífica, entre ellos Río Grande, Santa Cecilia, La Bomba, Playa Naranjo y Lepanto de Paquera; El Socorro y Alemania de Santa Cruz; el Parque Nacional Diríá, entre Nicoya y Santa Cruz; Esparza; Villa Bonita de Alajuela; Las Trenzas de Golfito y Playa Dominical y Puerto Jiménez en la Península de Osa.

Posteriormente, con las migraciones durante la colonia, se comenzó a cultivar en regiones más húmedas, debido a que tenían un mayor rendimiento productivo, abandonando las regiones que tenían un periodo seco extenso (ProDeSoc 2006). Sin embargo, según Morera et al (2009), observaciones del grupo de investigadores de la Universidad de Costa Rica determinaron que el cacao sembrado tenía mayor incidencia a la monilia conforme se hacía de Quepos a la península de Osa; hacia el norte, siguiendo la costa, las enfermedades no proliferan.

En el siglo XVII el cacao en Costa Rica tuvo su auge en la región de Matina, a pesar de las constantes invasiones de los piratas, el cultivo no se vio afectado hasta muchos años después, cuando varios factores como la disponibilidad de mano de obra, los impuestos y los constantes ataques de los Zambos Mosquitos, llevaron a un estancamiento del cultivo (MacLeod 1996).

En el año de 1930 la producción del país se estimó en 4.000 toneladas; para el año 1970 la producción fue similar, pero se incrementó aceleradamente a 9.737 toneladas en 1978, en donde bajó bruscamente por la incidencia de la monilia a casi la mitad de la producción (BCIE; CATIE 1982). Para el año 2007 el área

cultivada solamente en la región caribe era de 3.182 ha, correspondiendo 1.800 ha al cantón de Talamanca (Foster et al. 2007); en el año 2010 se estimó un total de 4.543 ha cultivadas en todo el país, de las cuales en Talamanca se cultivaban 3.846 ha; es decir, el 85% del área total cultivada (Nadurille 2010).

### **2.3. Variables ambientales**

Tal como se indicó en párrafos anteriores, la zonificación agroecológica considera variables climáticas y fisioedáficas; por ello es necesario determinar cuáles son las variables ambientales que zonifican la producción de café y cacao y bajo cuales rangos tienen su mejor rendimiento.

#### **2.3.1. Variables ambientales en café**

La guía técnica para el manejo del café del Icafé (2011) establece cinco variables climáticas en las cuales el café tiene un desarrollo óptimo; ellas son la altitud, la precipitación, la temperatura, la humedad relativa y el viento. En el caso de la altitud, se considera como óptima entre 500 y 1700 m.s.n.m.; sin embargo para Delgado (2007), es óptimo entre los 1200 y los 1700 m.s.n.m.; con respecto a la precipitación, el rango deseado está entre los 1000 y 3000 mm anuales; siendo ideales según Delgado (2007) entre los 1600 y 2800 mm y que su distribución oscile entre los 145 y 245 días al año. La temperatura media anual apropiada debe ser entre los 17°C y los 23°C.

La humedad relativa es un factor que propicia la incidencia de enfermedades, por lo que el Icafé (2011) sugiere que no sea mayor al 85%, siendo ideal según Delgado (2007) entre un 70 y un 85%. Por último, el viento puede ser un factor de desecación y daño mecánico, por lo que los cultivos deben establecerse protegidos mediante cortinas rompe vientos. Un factor que no menciona el Icafé en su guía es el suelo; Delgado (2007) indica que las altas producciones se obtienen en suelos fértiles y de excelentes condiciones físicas.

### **2.3.2. Variables ambientales en cacao**

Los requerimientos ambientales del cacao, según Foster et al. (2007), son una precipitación entre 1500 y 2500 mm promedio anual, bien distribuido a lo largo del año, la temperatura media anual alrededor a 25-26°C, aunque se han reportado buenas producciones a 23°C. Durante la estación seca, la humedad relativa no debe ser inferior al 70%. Los suelos deben tener una textura media, franco arenoso, franco limoso y franco arcilloso. Los suelos deben ser profundos, de 1,5 m; aunque bajo condiciones de buena fertilidad puede ser ligeramente menor (1,2 m). Los terrenos a cultivar deben tener una topografía plana a ondulada con pendientes no mayores al 25%. El pH debe estar entre 5,5 y 7,0.

### **2.4. Zonificación agroecológica del café**

El café es uno de los productos agrícolas de exportación más importante. De ahí que desde sus inicios, se han desarrollado normas para clasificar su calidad. Primero se hizo una categorización simple según su procedencia; estrictamente de altura, de la meseta o atlántico. Sin embargo, conforme hubo expansión del cultivo a nuevos sitios con condiciones diferentes e intermedias entre las regiones iniciales, se hizo una clasificación más detallada, tomando en cuenta la rangos altitudinales, la estacionalidad y clima de las zonas, así como las características del grano y de taza (Acosta y Cleves 1964). Así se definieron ocho tipos de café, tal como lo muestra el cuadro 1.

**Cuadro 1. Descripción de las clases de café de Costa Rica, definidas por la Oficina del Café (Acosta y Cleves 1964).**

Tipos de café Regiones - Maduración	Sub tipos y zonas de producción	Características del grano y de la taza
<b>Strictly Hard Bean (S.H.B.)</b> Vertiente del Pacífico Estaciones húmeda y seca bien definidas Maduración Tardía	<b>S.H.B. Norte:</b> Alajuela y Heredia (Por semejanza, también el S.H.B. de Coto Brus y El General) <b>S.H.B. Central:</b> Zona Central del Valle Central (Moravia, Tres Ríos, etc). <b>S.H.B. Sur:</b> Sur de San José y Cartago (Aserrí, Dota, Tarrazú etc).	Grano caracterizado por su dureza física. Fisura cerrada, como en todos los "Hard Beans". En la taza, alta acidez, buen cuerpo y aroma. (Estrictamente alturas)
<b>Good Hard Bean (G.H.B.)</b> Vertiente del Pacífico, Valle Central Occidental. Estaciones húmeda y seca bien definidas Maduración Tardía	Se produce en Naranjo, Palmares y San Ramón, diferenciándose de otros tipos de café del Valle Central, de la misma altitud, por su maduración tardía	Grano de buena dureza. Taza con marcada acidez y buen cuerpo. Algunos con excelente aroma. (Mesetas- Superiores)
<b>Hard Bean (H.B.)</b> Vertiente del Pacífico, Valle Central Occidental. Estaciones húmeda y seca bien definidas. Maduración Media. Exceptuando el subtipo producido en zonas lluviosas. (Maduración Temprana)	<b>H.B. Zona alta:</b> Franja inmediata inferior a la de S.H.B. en San José, Heredia y Alajuela. <b>H.B. Zona baja:</b> Zonas cálidas de Alajuela, y otras de maduración temprana como Puriscal, Acosta y Grecia.	Grano de tipo duro, con licor de muy buenas características de cuerpo y aroma. Su acidez es inferior a la de los anteriores (Mesetas)
<b>Medium Hard Bean (M.H.B.)</b> Pacífico húmedo ( Sur ) Estaciones húmeda y seca bien definidas, pero con niveles de precipitación más altos que los anteriores. Coto Brus: Maduración Media ; los inicios son de maduración temprana El General : Maduración Temprana	<b>M.H.B. Coto Brus:</b> Sabalito a Río Negro y zonas adyacentes. Campos 2 y 3 , Agua Buena, Cañas Gordas, etc., hasta San Vito. <b>M.H.B. El General:</b> Valle de El General y estribaciones montañosas adya- centes. M.H.B. EL GENERAL Zona Baja M.H.B. EL GENERAL Zona Alta	Grano de dureza media, con taza de mediana acidez, cuerpo y aroma. El de El General tiene un sabor dulce característico. (Semi Mesetas)
<b>High Grown Atlantic (H.G.A.)</b> Vertiente Atlántica, Valle Central Oriental. Estación Lluviosa más prolongada que en la tendencia pacífica, y estación seca no bien defnida. Maduración Tardía : Los inicios son de Maduración Media.	<b>H.G.A.:</b> Orosi, Palomo, Ujarras, Cachí, Santiago, Juan Viñas, etc. Zona de alta pluviosidad al Norte de Turrial- ba, (Aquiaries ).	Grano de tipo duro y buen tamaño. Taza con menos cuerpo y aroma que en los Mesetas. Es el mejor entre los tipos de la vertiente atlántica (Atlántico de altura)

<b>Continuación cuadro 1.</b>		
<b>Medieum Grown Atlantic (M.G.A.)</b> Vertiente Atlántica, Valle Central Oriental. Estación Lluviosa más prolongada aún que en el tipo anterior. Maduración Temprana.	<b>M.G.A.:</b> Valle de Turrialba y estribaciones montañosas adyacentes. También zona de SARAPIQUÍ. <b>M.G.A. Lluvioso:</b> Zona de Cimarrón de Peralta, con más altos niveles de precipitación.	Grano de menor dureza pero buen tamaño; fisura algo abierta. Condiciones limitadas de acidez, cuerpo y aroma. Como en todos los tipos con influencia atlántica, la taza tiene sabor "grasay" (Atlánticos medios)
<b>Low Grown Atlantic (L.G.A.)</b> Sub-Vertiente Norte y Atlántica Zona de alta pluviosidad, sin definición de estaciones. Maduración Temprana.	<b>L.G.A. Zona alta:</b> Franja inmediata inferior a la de M.G.A., en San Carlos y algunas zonas atlánticas. <b>L.G.A. Zona baja :</b> Zona cafetalera de menor altitud, bajo influencia atlántica, San Carlos, Sarapiquí, etc.	Grano de tipo suave. Fisura abierta. Pobres condiciones de licor, cuerpo y aroma. Es el tipo de más baja calidad producido en el país. (Atlantico de bajura)
<b>Pacific (P.)</b> Pacífico Seco ( Norte ) Estaciones húmeda y seca muy definidas con un mínimo de días con lluvia. Verano prolongado. Maduración Media	<b>P. : Puntarenas, Guanacaste y Alajuela.</b> Cultivo muy disperso que abarca pequeñas zonas de esas tres provincias.	Grano duro y pequeño. Calidad en la taza semejante al tipo de Hrad Bean. Algunos ricos en cuerpo y aroma . (Pacíficos )

Acosta y Cleves (1964) proponen valores a las clases establecidas por la Oficina del Café, utilizando variables climáticas, como un punto de partida para futuros estudios. Analizan los datos climáticos de los años 1961 y 1962 y los comparan con el sistema de zonas de vida de Holdridge, que para el año de 1964 se le denominaba Clave de Clasificación de Vegetales del Mundo, apoyado por el mapa ecológico respectivo. Los autores concluyen que el café tiene un óptimo desarrollo en la zona de vida del bosque húmedo sub tropical (pre-montano) y consideran que los suelos son variables secundarias para la adaptación del café, pero que afectan la productividad. Los valores definidos por y Cleves se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Tipos de café por zonas de producción, tipo de grano y taza, según la Oficina del Café, citado por Acosta y Cleves (1964).**

Tipo de café	Altitud media (m.s.n.m.)	Días de lluvia	Precipitación anual (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Strictly Hard Bean (S.H.B.)	1385	137	1750	19,0	12,8	25,5
Good Hard Bean (G.H.B)	1100	145	2135	21,5	15,7	27,2
Hard Bean (H.B.)	970	160	2220	22,1	16,4	27,8
Medium Hard Bean (M.H.B.)	790	200	3840	22,8	17,1	28,7
High Grown Atlantic (H.G. A.)	1155	226	2115	20,7	15,4	26,1
Medium Grown Atlantic (M.G.A.)	725	240	3040	22,5	17,2	27,9
Low Grown Atlantic (L.G.A.)	335	210	3435	24,9	19,0	30,9
Pacific (P.)	505	120	2200	25,0	19,8	30,4

Cleves en 1975 citado por Rojas (1987), hizo una revisión no publicada de la clasificación, que fue oficializada por el Icafé. Determinó los tipos de café por regiones y el estado de maduración. En el cuadro 3 se muestra un resumen de las variables consideradas por Cleves, citado por Rojas (1987).

Rojas (1987) retoma el estudio de Cleves, indicando que esta zonificación tuvo como limitaciones la falta de expresión cartográfica y que no se consideraron variables fisioedáficas. A pesar de ello, esta clasificación ha sido validada por varias investigaciones y es la que actualmente se utiliza en el país como oficial por parte del Icafé.

**Cuadro 3. Zonificación cafetalera de Costa Rica, adaptado de Rodrigo Cleves, año 1975, citado por Rojas (1987).**

Tipo	Código	Región	Zonas	Maduración	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Estación	Días lluvia
Strictly Hard Bean	S.H.B.	Valle Central Norte	Alajuela, Heredia y Coto Brus y El General	Tardía	1200-1600	19	3000	Húmeda y seca bien definida	155
Strictly Hard Bean	S.H.B.	Valle Central Central	Moravia, Tres Ríos	Tardía	1200-1650	19	2250	Húmeda y seca bien definida	155
Strictly Hard Bean	S.H.B.	Valle Central Sur	Aserrí, Dota, Tarrazú	Tardía	1200-1700	19	2000	Húmeda y seca bien definida	155
Good Hard Bean	G.H.B.	Vertiente del Pacífico, Valle Central Occidental	Naranjo, Palmares, San Ramón	Tardía	1000-1200	21.5	2230	Húmeda y seca bien definida	160
Hard Bean	H.B.	Valle Central inferior	Zona inferior de San José, Heredia, Alajuela	Temprana	1000-1200	20.5	2750	Húmeda y seca bien definida	158
Hard Bean	H.B.	Valle Central, zona cálida	Alajuela cálido, Puriscal, Acosta y Grecia	Media	800-1000	23	2000-2600	Húmeda y seca bien definida	158
Medium Hard Bean	M.H.B.	Pacífico Sur, Coto Brus	Sabalito a Río Negro y adyacentes	Media-temprana	800-1200	21.5	3750	Húmeda y seca definidas, pero con más precipitación que anteriores	200
Medium Hard Bean	M.H.B.	Pacífico Sur, Coto Brus lluvioso	Cotos Brus, Campo 2 y 3, Agua Buena, Caña Gordas, San Vito	Media-temprana	800-1200	21.5	1200	Húmeda y seca definidas, pero con más precipitación que anteriores	200
Medium Hard Bean	M.H.B.	Pacífico Sur, El General	Valle de El General y estribaciones montañosas adyacentes	Temprana	400-1200	23.5	3200	Húmeda y seca definidas, pero con más precipitación que anteriores	170
High Grown Atlantic	H.G.A.	Valle Central Oriental	Paraíso, Jiménez: Orosí, Palomo, Ujarrás, Cachí, Santiago, Juan Viñas	Tardía	800-1200	20.5	2230	Lluviosa más extensa y seca no bien definida	210
High Grown Atlantic	H.G.A.	Vertiente Atlántica	Norte de Turrialba, Aquiares	Tardía	800-1200	20.5	3250	Lluviosa más extensa y seca no bien definida	210
Medium Grown Atlantic	M.G.A.	Vertiente Atlántica	Valle de Turrialba y estribaciones montañosas adyacentes, Sarapiquí	Temprana	600-900	22	3000	Lluviosa más extensa que la anterior y seca no bien definida	215
Medium Grown Atlantic	M.G.A.	Vertiente Atlántica	Cimarrón de Peralta	Temprana	600-900	22	3750	Lluviosa más extensa que la anterior y seca no bien definida	215
Low Grown Atlantic	L.G.A.	Vertiente Atlántica y Norte	San Carlos y algunas zonas atlánticas	Temprana	350-600	24.5	4000	Alta pluviosidad, estaciones no definas	245
Low Grown Atlantic	L.G.A.	Vertiente Atlántica y Norte	San Carlos, Sarapiquí	Temprana	200-350	24.5	4000	Alta pluviosidad, estaciones no definas	245
Pacific	P.	Pacífico Norte	Puntarenas, Guanacaste y Alajuela	Media	300-1000	24	2250	Húmeda y seca muy definida, verano prolongado	145

El estudio de Rojas (1987) consistió en solventar las debilidades de la zonificación de Cleves; para ello hizo una extensa revisión de literatura sobre las variables que podían tener influencia en la productividad del café y en la definición de rangos. A partir de dicha revisión, consideró que las tres variables más importantes para la zonificación del café son: el periodo de cultivo por medio del análisis frecuencial de lluvias, la potencialidad de producción y las variables fisioedáficas. Con ello construyó tres mapas respectivos y los intersectó, definiendo en cada uno tres niveles de rendimiento del café; produciendo así un mapa final de zonificación agroecológica del café.

Posterior a los estudios de Cleves y Rojas, no se encuentran avances sobre este tema, aunque si muchas publicaciones que citan los valores de las variables consideradas para definir las zonas agroecológicas, como el artículo de Aguilar (1995), que no aportan nuevos elementos de clasificación.

## **2.5. Zonificación agroecológica del cacao**

La Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) elaboró en el año de 1988 una zonificación agroecológica para el cultivo de cacao (Sánchez y Bonilla 1988). Las variables climáticas analizadas fueron la temperatura, la precipitación, los meses secos, el brillo solar, los vientos y la humedad relativa. Sin embargo, para aplicar la zonificación solamente se consideraron como importantes la temperatura y precipitación media anual y los meses secos.

En cuanto a suelo, se consideran variables importantes relacionadas con la retención de la humedad, tales como la textura, la profundidad, estructura y fragmentación y el pH. La variable topográfica también es importante. SEPSA, con base en el estudio de Sánchez y Bonilla elaboró un mapa de zonificación ecológica del cacao a escala 1:200.000, separados en nueve mapas (Sánchez, s.f.).

En el trabajo de Sánchez y Bonilla (1988) se definieron los rangos idóneos de cada variable, divididos en tres niveles de productividad: tierras aptas, moderadas y no



aptas. Con ello se establecieron siete clases, considerando desde la clase 1 sin limitaciones, hasta la clase 7 con mayores limitaciones; distribuidas en tres rangos de aptitud: tierras aptas, moderadas y no aptas. En el año 2003, Campbell hizo una revisión de los parámetros (citado por Arroyo et al. 2003), quedando como se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Valores de las variables utilizadas para la zonificación del cacao, según Arroyo y Ugalde, revisado por Campbell (Arroyo et al, 2003).**

Variable	Rango de aptitud		
	Apto	Moderado	No apto
Temperatura promedio anual (°C)	24 - 26	21 – 24 o 26 - 29	Menor a 22 o mayor a 30
Precipitación media anual (mm)	1800 - 3600	1600 – 1800 o 3600 - 5000	Menor a 1500 o mayor a 5000
Meses secos consecutivos al año	0 - 2	2 - 3	Más de 3
Brillo solar (hr/día)	4	3 - 4	Menos de 3
Pendiente (%)	Menor a 15	15 - 30	Mayor a 30
Textura del suelo	Media	Moderadamente finas y finas	Moderadamente gruesas y muy finas
Profundidad efectiva (m)	Mayor a 1,2	0,9 – 1,2	Menor a a 0,9
Drenaje	Bueno y moderadamente excesivo	Moderadamente lento y lento	Excesivo y muy lento, nulo
Fertilidad aparente	Media - alta	Baja	Muy baja
Fragmentos en el perfil (%)	0 - 10	10 - 25	Mayor a 25
Acidez (PH)	5,5 – 7,0	4,2 – 5,5	Mayor a 7,0

Boyer, citado por Cruz (1991), indica que las variables climáticas ligadas con los procesos fisiológicos de las plantas de cacao son la precipitación, la luz y la temperatura máxima a nivel de los troncos, siendo el régimen de lluvias el factor de mayor influencia en el crecimiento, floración y distribución de la cosecha y la temperatura media en el rendimiento del cacao.

Autores como Verman y Alvin citados por Cruz (1991) consideran que la luz tiene una relación lineal con el rendimiento, aunque la sombra bien manejada puede ser un método seguro y económico para regular factores ecológicos desfavorables como la baja fertilidad y vientos fuertes.

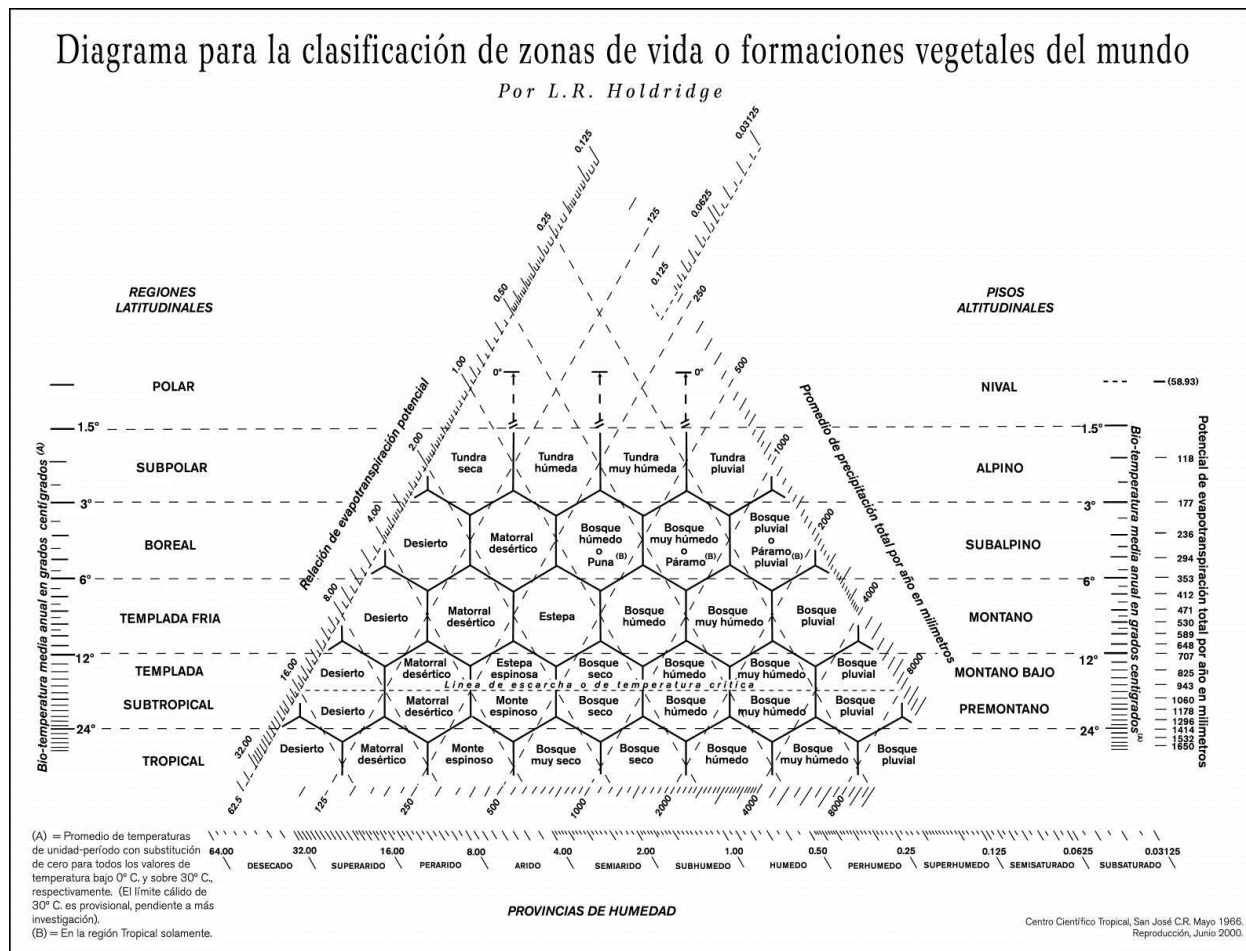
## 2.6. El sistema de zonas de vida

El sistema de zonas de vida, desarrollado por Leslie R. Holdridge, establece que hay una estrecha relación entre el clima y la vegetación, para lo cual definió valores climáticos para identificar grupos de ecosistemas. Las variables utilizadas fueron la precipitación media anual y la biotemperatura promedio anual; ésta última es la temperatura promedio anual en un rango en donde suceden los procesos fisiológicos de las plantas, definido preliminarmente entre 0°C y 30°C (Holdridge 1987). La figura 1 muestra el diagrama de zonas de vida.

Dentro de cada zona de vida existen ecosistemas naturales con los que se identifica biológicamente esa zona, definidos por rangos físicos ambientales, tales como suelos, nutrimentos, patrones de clima, iluminación, estacionalidad y humedad entre otros. Este nivel más específico es lo que se denomina **asociación**, es el segundo nivel del sistema de zonas de vida. Estas unidades naturales discretas pueden diferenciarse fácilmente en el campo, ya sea por la vegetación natural original o por alteraciones notables de éstas. Estas alteraciones es el uso actual de la tierra o **estado sucesional**; lo que sucede en dichos ecosistemas y se define como el tercer nivel del sistema de zonas de vida (Holdridge 1987).

Según Bolaños (1994), Holdridge establece que las zonas de vida pueden determinarse a partir de datos climáticos o mediante observaciones de campo de la vegetación existente; para ello es necesario que el ecólogo tenga conocimiento del sistema y se base en observaciones de campo de la vegetación y utilizando especies indicadoras.

El sistema de zonas de vida, al establecer esa relación directa entre variables climáticas y vegetación, ha permitido tener diversas aplicaciones, entre ellas la misma clasificación de ecosistemas de forma indirecta. El Centro Científico Tropical (CCT) desarrolló una metodología para clasificar las tierras de acuerdo a su capacidad de uso de la tierra, basada en zonas de vida (CCT 1985); igualmente se han desarrollado estudios de cambio climático para determinar la vulnerabilidad de los bosques, modelando las variables de precipitación y temperatura, proyectando cómo cambiarán las zonas de vida en un futuro, bajo escenarios definidos (Tosi et al. 1992); así como desarrollar estudios de mitigación al cambio climático, modelando flujos de carbono por tipo de bosque, utilizando zonas de vida (Alpizar et al. 1999).



**Figura 1. Diagrama de zonas de vida del Dr. L.R. Holdridge.**

Las zonas de vida definen la distribución natural de las especies, lo que es una herramienta útil para proponer proyectos de plantaciones forestales, así como determinar la vulnerabilidad de los cultivos por efecto del cambio climático.

Otra aplicación del sistema de zonas de vida es en el recurso hídrico; ante la falta de información disponible, es posible generar balances hídricos para cuencas hidrográficas (Ecotec 2009) y estimaciones de caudal (Rodríguez y Saborío 1983).

Watson (1999) indica que el café se desarrolla específicamente en las zonas de vida bosque húmedo Premontano y bosque muy húmedo Premontano, lo que muestra una efectiva aplicación de las zonas de vida como una herramienta para la zonificación agroecológica. En este sentido Alpízar et al. (2007) comparó la zonificación agroecológica del café con la distribución del sistema de zonas de vida, utilizando el primer nivel de clasificación y encontró una coincidencia importante que debe ser estudiada con mayor profundidad.

Sin embargo, una de las principales críticas que se hace al sistema de zonas de vida, es la generalidad de su clasificación, tales como que la península de Nicoya y Baja Talamanca tienen la misma zona de vida y es evidente la diferencia en la estacionalidad (Herrera 1985). Este comentario denota desconocimiento por parte de dicho autor, porque la disponibilidad de información de zonas de vida se encuentra solamente para el primer nivel, salvo algunas regiones del país, en donde se clasificó al nivel de asociación (Peralta 1985).

El comentario de Herrera (1985) evidencia la necesidad de trabajar a nivel de asociación del sistema de zonas de vida, por su limitada aplicación. En el periodo 1997 a 1999 se desarrolló un proyecto de investigación para determinar la vulnerabilidad de los bosques de Costa Rica ante el cambio climático (Alpízar et al. 1999), en donde una de las premisas fue bajar al segundo nivel de zonas de vida. Es así como se elaboró un mapa preliminar de tipos de bosque para Costa Rica. Para ello se desarrollaron dos

matrices utilizando variables edáficas y climáticas locales, que permitieron clasificar bosques nubosos, deciduos, semi deciduos y con limitaciones de suelo.

## **2.7. El cambio climático y su influencia en el cultivo del café y el cacao**

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN), conjuntamente con el Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH), realizó en el año 2008, un estudio del cambio climático futuro, adaptado a las condiciones del país, tomando en consideración la precipitación y las temperaturas máxima y mínima, anual y mensual. Se definió una línea base (1961 a 1990) que fue comparada con el periodo 1991 a 2005 (IMN; CRRH 2008).

El análisis comparativo de ambos periodos determinó que los eventos extremos, precipitaciones y temperaturas máximas extremas diarias, han venido aumentando. Esto indica un aumento de la temperatura ambiental y de la intensidad de los aguaceros (IMN; CRRH 2008). En términos generales, se espera una reducción de la precipitación en el norte del país (Pacífico Norte, Zona Norte y Región Central). Hacia el sur del país, se espera un aumento de la precipitación, en especial sobre la parte peninsular. Hacia el Caribe, no se observan cambios importantes en la zona montañosa, pero sí se presenta un aumento significativo de las lluvias en la costa, principalmente hacia el sur de la vertiente. Por tanto, el clima de Costa Rica se verá sometido a extremos del clima, secos y lluviosos (IMN; CRRH 2008).

Estudios como el de Ordaz et al. (2010) muestran que bajo escenarios probables (A2 y B2 del IPCC), la temperatura que permite lograr los mayores rendimientos en la producción de maíz, frijol y café, es probable que ya haya sido rebasada, por lo que los climas más cálidos inducirán a reducir la producción de estos tres cultivos. Respecto a la precipitación, el nivel de precipitación es ligeramente superior al que permite lograr los mayores rendimientos y que si la precipitación se reduce mínimamente por debajo de ese nivel la producción podría incrementar. Los resultados muestran que el cambio climático está teniendo ya efectos adversos sobre la producción de algunos cultivos.

Específicamente con el café, un estudio del IMN (Villalobos y Retana 1999), utilizando el modelo agroclimático para café llamado “Coffea”, determinó que un aumento de uno o dos grados y buen suministro hídrico pueden incrementar el rendimiento; sin embargo el estudio no hace referencia a una variación de la calidad del café. En Guatemala, un estudio sobre café y cambio climático realizado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), determinó que habrá áreas que dejarán de tener potencial para su cultivo y se proponen cultivos alternativos (CIAT 2012).

Al igual que el café, se han desarrollado estudios de vulnerabilidad del cacao ante el cambio climático en Nicaragua; en donde se prevé que un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad (menos precipitación) favorecerían la producción del cacao (CIAT 2012).

En términos generales, el cambio climático es un factor a considerar a la hora de probar un modelo de zonificación agroecológica, que considera variables climáticas, las cuales se prevé, cambiarán en un futuro cercano.

## Capítulo 3. Metodología

### 4.1. Descripción del área de estudio

El estudio comprendió todo el territorio de Costa Rica, con énfasis en los sitios potenciales y reales de producción del café y el cacao. El país se encuentra entre las coordenadas geográficas: latitudes norte 8°00' y 11°15' y longitud oeste 82°25' y 85°55' aproximadamente, con una extensión continental de 51.100 km<sup>2</sup>.

A pesar de su poca extensión, Costa Rica tiene la particularidad de tener costa en el océano Pacífico y el mar Caribe; separados apenas por 120 km; con planicies en las zonas costeras y relieve irregular en el centro del país, con una cadena montañosa que alcanza casi los 4.000 m.s.n.m., dividiendo al país en dos secciones litorales. A eso se une el hecho de ser parte de la angosta franja que une las américas sur y norte.

Esta particularidad produce una alta variabilidad ambiental, en áreas relativamente pequeñas. Según Tosi (1969), en el país existen 12 zonas de vida, que muestran diferentes ambientes; cálidos secos, cálidos húmedos, muy húmedos y pluviales, fríos, bosques montanos húmedos, muy húmedos, pluviales y hasta páramo pluvial.

A la llegada de los españoles en el siglo XVI, Costa Rica estaba prácticamente cubierta de bosque, salvo pequeñas sabanas naturales y bosques secundarios y áreas abiertas por los indígenas. Poco a poco se introdujeron prácticas productivas de la tierra, la ganadería, el trigo, así como el maíz que era indígena. Posteriormente se fomentó el cultivo de cacao, se introdujo el café, el banano, la palma africana y más recientemente otros monocultivos como los cítricos y la piña.

En la actualidad el paisaje del país se muestra con aproximadamente la mitad cubierta por bosques, muchos de ellos declarados por el Estado como áreas silvestres protegidas; el resto lo conforman pastizales, cultivos de café, banano, cacao, piña, palma africana, así como las áreas urbanas.

## **4.2. Contexto del cambio climático**

Tal como se documentó, los estudios de zonificación agroecológica, así como el mapeo de zonas de vida en el país, se realizaron hace más de 20 años. Es probable que con información reciente del clima, los límites espaciales hayan cambiado. Es por ello que el contexto de este estudio debe remontarse a los periodos en que se desarrollaron dichos mapas, que sería entre las décadas del setenta y ochenta.

No por ello el estudio perdería actualidad, porque lo que se pretende es determinar que el sistema de zonas de vida de Holdridge, según el objetivo general, puede ser una herramienta práctica para la zonificación agroecológica. De ser así, una actualización de las variables climáticas utilizadas por el sistema de zonas de vida de Holdridge, sería suficiente para actualizar la zonificación agroecológica del café y el cacao.

## **4.3. Descripción metodológica**

El estudio utilizó como plataforma de trabajo un sistema de información geográfica (SIG), aplicando el programa de uso libre Quantum GIS, el cual fue alimentado con información disponible sobre mapas de zonas de vida y de zonificación agroecológica del café y el cacao; además de información biofísica del país, referida a suelos, relieve y clima.

El mapa de zonas de vida se trabajó a nivel de asociación, considerando factores locales de suelo, clima y relieve. Se partió del trabajo de Alpízar et al (1999) que desarrolló un ejercicio teórico para elaborar dicho mapa; en donde se diseñaron matrices de clasificación, considerando variables de suelo, relieve, meses secos y neblina, entre otros. Estas matrices fueron revisadas en el presente estudio. No fue posible, por limitaciones de tiempo y recursos, hacer una validación de campo. Con la información biofísica disponible se generó un mapa de asociaciones de zonas de vida, enfocado a los sitios en donde se cultiva café y cacao.



La escala de trabajo de los mapas fue a 1:200.000. Es posible que para identificar las asociaciones de zonas de vida se requiera de escala mayor, pero la disponibilidad de información y el alcance del estudio limitan ese detalle.

#### **4.3.1. Mapa de asociaciones de zonas de vida**

A continuación se explica el proceso desarrollado por Alpizar et al (1999), para elaborar el mapa de asociaciones de zonas de vida, el cual fue base para el presente estudio. Según Bolaños (1994), existen asociaciones edáficas fértiles, estériles, asociaciones atmosféricas secas, muy húmedas y asociaciones hídricas; lo cual proporcionan una alta variabilidad ambiental cuando se combinan con las zonas de vida. De esta clasificación de asociaciones, se deduce que los factores biofísicos que influyen en la vegetación, además de la precipitación y la temperatura, son el periodo de meses secos, la presencia de neblina, el tipo de suelo y su disponibilidad de agua.

Los suelos fueron clasificados según sus limitaciones que influyen en la vegetación y que podrían incidir en asociaciones edáficas; para ello se consideró la propuesta de Alexis Vásquez (1998), la cual está basada en el mapa de suelos de Costa Rica, elaborado por él mismo (1989), clasificados genéticamente hasta el nivel de Grandes Grupos, de acuerdo con el Soil Taxonomy (USDA, 1975). Las categorías definidas en el mapa fueron agrupadas en 9 clases, considerando los suelos con limitaciones en el desarrollo de la vegetación, como un criterio adicional al clima para diferenciar tipos de bosques. El cuadro 5 muestra las clases definidas a partir de la consideración anterior.

Sin embargo, debido a la reciente publicación de un nuevo mapa de suelos para Costa Rica, elaborado por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA 2014), fue necesario adaptarlo. Es importante indicar que este nuevo mapa se presenta a nivel de Sub Orden, siendo el mapa de Vásquez más detallado a nivel de Gran Grupo, por lo que fue necesario hacer un ajuste a la clasificación, que en algunos sub órdenes tuvo que generalizarse.

### Cuadro 5. Categorías de limitaciones de suelos que influyen en el tipo de vegetación.

Código	Descripción de limitaciones de suelos	Posible efecto en la vegetación
1	Sin o con ligeras limitaciones, los suelos son profundos, planos hasta fuertemente ondulados (hasta un 60%), bien drenados, fértiles, textura media.	No influyen en la vegetación
2	Texturas livianas, desde arenoso franco a franco arenoso.	Costeros o aluviales, arenosos
3	Texturas muy livianas, comprenden a arenoso y gravilloso.	De grava o aluviales, arenosos
4	Texturas muy pesadas, suelos cuando secos se agrietan y cuando húmedos se expanden (sonsocuites), comprenden arcilloso fino.	Bosques posiblemente ralos
5	De escaso a poco profundos, menos de 50 cm de profundidad, relieves ondulados a escarpados	Bosques posiblemente bajos
6	Relieves escarpados, más del 60%	Bosques de ladera
7	Mal drenados, terrenos pesados, con nivel freático entre 30 y 70 cm.	Bosques inundables
8	Muy mal drenados o anegados.	Bosques anegados
9	Otros, (urbano, cuerpos de agua).	

El relieve es un factor que afecta la vegetación; sin embargo, debido a la complejidad de su clasificación a nivel macro, se consideró que afectaría la vegetación solamente cuando el terreno es escarpado, cuya pendiente es superior al 60%. Esta categoría fue incluida dentro de la misma clasificación de limitaciones de suelos como clase 6. Los terrenos escarpados están asociados, por lo general con suelos poco profundos, la diferencia con los de clase 5 es que estos no se dan en terrenos escarpados.

Las clases definidas por Vásquez (1998) fueron ordenadas de forma ascendente según su capacidad de retención de humedad; de modo que, en los casos extremos, los suelos con texturas muy livianas no almacenarán mucha agua, mientras que los muy mal drenados almacenan agua por periodos extensos. El cuadro 6 muestra la forma como fueron ordenadas las clases de limitaciones de suelos en función de la capacidad de retención de humedad.

**Cuadro 6. Clases de limitaciones de suelos según su capacidad para retener humedad.**

Código	Limitaciones de suelos	Rango	Retención de humedad
3	Texturas muy livianas	Areno a gravilloso	Excesivamente baja
2	Texturas livianas	Arenoso franco a franco arenoso	Muy baja
5	Poco profundos y ondulados	Menos de 50 cm de profundidad	Baja
6	Escarpados	Más de 60% de pendiente	Moderada
1	Sin o ligeras limitaciones	No tienen limitaciones	Buena
4	Texturas muy pesadas	Arcilloso fino	Alta
7	Mal drenados	nivel freático entre 30 y 70 cm	Muy alta
8	Muy mal drenados o anegados	Anegado	Excesiva

Complementariamente se generaron dos matrices, una para determinar bosques deciduos y otra para bosques nubosos. Hay tres variables climáticas que determinan bosques deciduos y nubosos, además de la precipitación y la biotemperatura, que son determinantes en el tipo de vegetación, ellas son: el período de meses secos, la presencia constante de neblina y el viento.

El período de meses secos, cuando es extenso, es un factor determinante en la presencia de bosques deciduos, interactuando con factores edáficos. La presencia prolongada de neblina incide en la existencia de bosques nubosos y el viento en bosques enanos, aunque también hay otros factores que influyen.

Los bosques deciduos están definidos por la presencia mayoritaria de árboles que botan sus hojas durante la época seca (Janzen 1991). La clasificación puede ajustarse con suficiente comprobación de campo, con inventarios florísticos y conocimiento fenológico. Existe una clasificación realizada por Gómez (1986) sobre los bosques deciduos; sin embargo, la calidad cartográfica no es buena, lo que necesitaría del conocimiento de especies por tipo de vegetación para su ajuste.

Por lo tanto, para clasificar los bosques deciduos se consideró como variables las provincias de humedad utilizado por el sistema de zonas de vida, los meses secos y las limitaciones de suelos. La información sobre el período de meses secos se tomó del mapa de clima elaborado por Wilberth Herrera (1985). Este mapa se clasificó en tres categorías: de cero a dos meses, de tres a cuatro y de cinco a seis meses secos.

Las zonas de vida fueron agrupadas según sus provincias de humedad, dado que son una relación entre la precipitación y la biotemperatura; así, aunque el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo premontano tienen rangos diferentes de precipitación y de biotemperatura, la interacción de ambos factores hace que sean igualmente húmedos. El cuadro 7 muestra la agrupación de las zonas de vida según su provincia de humedad.

**Cuadro 7. Zonas de vida agrupadas según su provincia de humedad.**

<b>Código</b>	<b>Provincia de humedad</b>	<b>Zona de Vida</b>
SUB	Sub-húmedo (seco)	Comprende la zona de vida bosque seco tropical (bs-T).
HU	Húmedo	Considera las zonas de vida bosque húmedo (bh) de los pisos: basal (T), premontano (P) y montano bajo (MB).
PER	Per húmedo (muy húmedo)	Comprende las zonas de vida bosque muy húmedo (bmh) de los pisos: tropical (T), premontano (P), montano bajo (MB) y montano (M).
SUP	Super húmedo (pluvial)	Considera las zonas de vida bosque pluvial (bp) de los pisos: premontano (P), montano bajo (MB), montano (M) y sub-alpino (SA).

Nota: En el caso de las transiciones, se respeta el rango establecido de la provincia de humedad indicada en el diagrama de zonas de vida (figura 1).

Una vez definidos los tres factores que pueden incidir en la presencia de bosques deciduos, se construyó una matriz de clasificación de forma progresiva, desde bosque deciduo hasta llegar a uno que no lo es, de modo que aquellos bosques con condiciones intermedias se clasificaron como bosques semideciduos. El cuadro 8 muestra la matriz de clasificación.

**Cuadro 8. Parámetros de clasificación de bosques deciduos y semi-deciduos, según Alpizar et al (1998).**

Meses														
0 a 2					3 a 4					5 a 6				
Suelos	SUB	HU	PER	SUP	Suelos	SUB	HU	PER	SUP	Suelos	SUB	HU	PER	SUP
3					3			h-mhT		3				
2					2			h-mhT		2				
5					5			h-mhT		5			h-mhT	
6					6		*	h-mhT		6			h-mhT	
1					1					1			h-mhT	
4					4					4				
7					7					7				
8					8					8				

\* no se aplica para el bh-MB

h-hmT: Se aplica sólo para la transición bh-T/bmh-T

	Bosques deciduos
	Bosques semi-deciduos

En cuanto a los bosques nubosos, según Stad Müller (1986), existen varios autores con diferentes criterios sobre los factores que influyen en la alta incidencia de neblina en dichos bosques. En el país no existe una delimitación de los bosques nubosos, aunque se sabe de zonas con alta frecuencia de neblina, como los alrededores de San Ramón de Alajuela. Gómez (1986) delimitó los bosques nubosos, pero utilizando como único criterio la cota altitudinal de 2.500 m.s.n.m. Este criterio no se consideró apropiado, dado que la alta incidencia de neblina no depende exclusivamente de la altura y es menos probable encontrarlo sobre los 2.500 m.s.n.m.

Diferentes autores, citados por Stad Müller (1986) indican que los bosques nubosos se encuentran en un rango de altitud entre 1.200 a 2.500 m.s.n.m., pero pueden encontrarse a niveles superiores o inferiores. También, los bosques nubosos están relacionados con la presencia de helechos arborecentes (*Cyatheaceae*); sin embargo, esto no se consideró, debido a que no hay información detallada sobre su distribución en el país. Según Holdridge, también citado por Stad Müller (1986), los bosques nubosos son comunes en las siguientes zonas de vida:

**Cuadro 9. Zonas de vida con bosques nubosos, según Holdridge, citado por Stadtmüller (1986).**

Zona de Vida	Código
Bosque húmedo premontano	bh-P
Bosque muy húmedo premontano	Bmh-P
Bosque pluvial premontano	bp-P
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB
Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB

Las zonas de vida consideran la altitud, puesto que existe una alta correlación de ésta con la biotemperatura. Para delimitar los bosques nubosos se tomó como base las zonas de vida sugeridas por Holdridge. Además se consideró el período de meses secos. Myers, citado por Stadtmüller (1986), indica que también podrían encontrarse bosques nubosos en otras zonas de vida; observaciones de campo indican que en el piso montano se encuentran bosques nubosos; por lo que se incluyó en la lista.

Sin embargo, no es en toda la franja del montano que se encuentra. Hacia la parte alta la posibilidad es muy baja; será necesario definir un límite máximo de altitud, muy cercano al límite inferior de la zona de vida. Igualmente, es probable que en el piso Premontano, en las regiones Atlántica y Norte, no se encuentren bosques nubosos a menos de 500 m.s.n.m., por lo que también será necesario delimitar una altura mínima en este piso. Ambos límites altitudinales no fueron definidos en el presente estudio.

El período de meses secos permite ajustar los límites para las áreas con alta incidencia de neblina, estableciendo una gradiente en relación con los pisos altitudinales y las provincias de humedad. Así, en el piso Premontano, en la zona de vida de bosque húmedo, se podría encontrar bosques nubosos cuando el período seco no exceda los dos meses; pero si es bosque muy húmedo podrían encontrarse bosques nubosos en sitios con períodos secos de hasta cuatro meses; y si es bosque pluvial, posiblemente hasta con seis meses; aunque esta condición es poco probable de encontrarse.

En el caso de las transiciones, se considera el piso y la provincia de humedad original de la zona de vida; de manera que no se incluyen aquellas que no están dentro del rango establecido; por ejemplo, el bmh-P transición a basal no se considera como bosque nuboso, puesto que no es del piso Premontano. Sí se hace una excepción con las transiciones a Premontano de bh-T y bmh-T, porque a pesar de estar dentro del piso Premontano, el rango de biotemperatura se mantiene cerca del límite del piso basal, por lo que también son descartadas. En Costa Rica, los bosques nubosos se pueden encontrar en las zonas de vida y transiciones que se muestran en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Zonas de vida y transiciones en donde se pueden encontrar bosques nubosos.**

Piso	Provincia de humedad	Meses secos		
		0-2	3 - 4	5 - 6
Premontano	Húmedo	X		
	Muy húmedo (perhúmedo)	X	X	
	Pluvial (superhúmedo)	X	X	X*
Montano bajo	Húmedo	X	X	
	Muy húmedo (perhúmedo)	X	X	X
	Pluvial (superhúmedo)	X	X	X*
Montano	Muy húmedo (perhúmedo)	X	X	X*
	Pluvial (superhúmedo)	X	X	X*
Transiciones	Muy húmedo premontano a pluvial	X	X	
	Muy húmedo montano bajo a húmedo	X	X	X*
	Pluvial montano a montano Bajo	X	X	

\* No se encuentran estos tipos de bosques

Finalmente, en cuanto a los bosques enanos, no hay mapas que los delimiten. Existen datos sobre zonas con alta incidencia de vientos como Tilarán y la divisoria de aguas de la cordillera de Guanacaste o en la región de Buenos Aires en la cordillera de Talamanca. Sin embargo, existe discusión, según Stadtmüller (1986), para asegurar

que los bosques enanos son el resultado del viento, puesto que también están definidos por condiciones edáficas (mal drenados).

Otra referencia con respecto a los bosques enanos, es que generalmente se encuentran en el límite superior de los bosques nubosos. Es decir, es común que los bosques enanos sean nubosos. Por tal razón la clasificación de estos bosques no ha sido diferenciada y se encuentra dentro de los bosques nubosos.

Con respecto al mapa de zonas de vida, es importante aclarar que el mapa se puede generar a partir de dos fuentes: utilizando datos climáticos de precipitación y temperatura media anual y mediante observaciones de campo de la vegetación. El mapa de zonas de vida elaborado por Bolaños y Watson (1993), se realizó con el segundo método, por lo que es posible que al comparar mapas generados por los dos procesos, no haya una coincidencia total, principalmente en aquellos sitios en donde hay precipitación horizontal, no registrada por los pluviómetros (bosques pluviales). Como parte del estudio se utilizaron ambos mapas y se compararon.

Para hacer el mapa de zonas de vida con datos, se generó un mapa de isoyetas cada 100 mm, interpolado del mapa de isoyetas para Costa Rica del año 1985 (Barrantes et al 1985). Para la biotemperatura se utilizó el mapa de curvas de nivel cada 100 metros y se asignó un valor de temperatura, mediante gradiente térmica. Para la gradiente térmica se utilizaron los valores propuestos por Herrera (1985), considerando las dos vertientes, Caribe y Pacífico. El mapa de isotermas generado fue convertido a isobiotermas, utilizando la fórmula de Holdridge (1987) para tal fin y ajustando la latitud en valores de  $0,5^\circ$ . Ambos mapas (isoyetas 100 mm e isobiotermas) fueron cruzados en el SIG; los valores obtenidos por polígono fueron asignados a un tipo de zona de vida, según la estructura del diagrama de zonas de vida (figura 1).

El mapa de zonas de vida por datos fue nuevamente cruzado con los mapas de bosques deciduos, nubosos y limitaciones de suelos, que fueron generados a partir de las matrices y criterios anteriormente indicados; para así obtener el mapa de



asociaciones de zonas de vida por datos; asignando a cada zona de vida, si existía una condición específica de suelo, hídrica o climática de cada mapa interactuado.

#### **4.3.2. Mapas agroecológicos a partir de variables biofísicas**

Los mapas agroecológicos para café y cacao se elaboraron en tiempos en donde no se había desarrollado los sistemas de información geográfica (SIG). Por ello los mapas en papel fueron digitalizados. Como el objetivo del estudio consistió en comparar mapas generados en SIG, se procedió a elaborar, para cada tipo de cultivo, su mapa agroecológico a partir de las variables biofísicas, definidos por los investigadores que elaboraron los mapas en papel.

El mapa agroecológico para café elaborado por Rojas (1987) se desarrolló con base en la intersección de tres variables y del uso de matrices de clasificación. El mapa de cacao elaborado por Sánchez y Bonilla (1988), igualmente consideró variables ambientales, pero no es clara la aplicación de las mismas en dicho mapa. Por ello se digitalizaron los mapas de las variables y se interseccionaron.

Es así como para el mapa agroecológico para café se digitalizaron tres mapas, uno sobre producción, otro sobre días de lluvia y otros sobre suelos para café. Este último se basó en el nuevo mapa de suelos para Costa Rica (CIA 2014), por lo que se tuvo que ajustar la clasificación desarrollada por Rojas, dado que el mapa en que se basó inicialmente tenía una clasificación de Gran Grupo. Los mapas se cruzaron y se les asignó el código indicado por el autor y luego se reclasificó según la clase productiva propuesta por el autor, que consistía en cinco clases.

En el caso del cacao, se generaron seis mapas, todos definidos en clases según Sánchez y Bonilla (1988), autores del mapa agroecológico; estos son: temperatura, precipitación, meses secos, brillo solar, pendiente y suelos. Todos los mapas se cruzaron en el SIG y luego se les asignó el potencial productivo para cacao, el cual comprendía siete clases, pero que los autores solo cartografiaron las clases más productivas, la 1 y 2.

Los mapas agroecológicos elaborados en papel por los autores y los generados en SIG a partir de las variables propuestas, fueron comparados para determinar posibles diferencias, principalmente por el interés de utilizar los mapas generados con datos biofísicos. Para este análisis se probó con dos métodos, mediante una validación con una malla de 10166 puntos, distribuida por todo el país y también comparando las unidades según su área. El resultado fue obtener un porcentaje de coincidencia entre los mapas analizados.

#### **4.3.3. Validación de mapas**

Una vez que se obtuvo el mapa de asociaciones de zonas de vida y los mapas agroecológicos, se compararon para determinar la coincidencia de ambos mapas por cultivo, de tal forma que se pueda determinar la aplicabilidad del sistema de zonas de vida en la zonificación agroecológica.

## **Capítulo 4. Resultados y discusión de resultados**

El estudio utilizó 30 mapas. Ocho de ellos fueron digitalizados de su versión impresa; otros que ya estaban en formato de SIG, fueron revisados y ajustados a las necesidades del estudio. De los 30 mapas, nueve son considerados básicos, necesarios para preparar los mapas de variables, otros trece corresponden a las variables biofísicas utilizadas; tres mapas corresponden a los mapas oficiales de zonificación y cinco mapas son producto del proceso de variables. En el anexo 1 se muestra el nombre de los mapas, su autor y el proceso que se realizó a cada uno de ellos.

### **4.1. Validación del mapa de zonas de vida con datos bioclimáticos**

El mapa de zonas de vida generado a partir de datos bioclimáticos presenta 11 zonas de vida y 19 transiciones. Difiere del mapa de Bolaños y Watson (1993) en que no aparece el páramo pluvial Sub Alpino. Es difícil justificar su desclasificación, porque, según el diagrama de zonas de vida, el páramo pluvial Sub Alpino (pp-SA), se encuentra en un rango de precipitación entre los 1000 y 2000 mm promedio anual, y en la región en donde lo reportan Bolaños y Watson (1993), la precipitación es superior a los 3000 mm promedio anual, de acuerdo con el mapa de isoyetas del IMN (1985).

El cuadro 11 muestra una comparación de los mapas de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) y el generado con datos bioclimáticos por el presente estudio. En color verde claro y verde oscuro están las zonas de vida y las transiciones que son coincidentes, en color azul las nuevas transiciones y en color naranja las transiciones que no se determinan en el mapa con datos, así como el páramo pluvial Sub Alpino en color rojo, que tampoco aparece. La codificación de las zonas de vida y sus transiciones, así como las condiciones de asociación de explican en el anexo 2.

**Cuadro 11. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) y el generado con datos bioclimáticos.**

Zonas de vida Bolaños/Watson	Área coincidente (ha)	%	Área no coincidente con Bolaños (ha)	%	Total (ha)	Total %	Coincidencia total %	No coincidencia total %
bh-MB	6107	25.7	17617	74.3	23724	0.465	0.1	0.3
bh-MB/mh	0	0	0	0	0	0	0	0
bh-P	66568	74.9	22282	25.1	88851	1.74	1.3	0.4
bh-P/mh	0	0	0	0	0	0	0	0
bh-P/T	147953	31.2	325974	68.8	473927	9.281	2.9	6.4
bh-T	331434	46.4	382872	53.6	714307	13.988	6.5	7.5
bh-T/mh	1417	0.9	148591	99.1	150007	2.938	0	2.9
bh-T/P	35842	45.2	43471	54.8	79313	1.553	0.7	0.9
bh-T/s	0	0	107990	100	107990	2.115	0	2.1
bmh-MB/h	0	0	1485	100	1485	0.029	0	0
bmh-M	77	4.6	1604	95.4	1681	0.033	0	0
bmh-M/p	0	0	0	0	0	0	0	0
bmh-MB	43890	39.8	66500	60.2	110390	2.162	0.9	1.3
bmh-MB/h	0	0	0	0	0	0	0	0
bmh-MB/M	0	0	0	0	0	0	0	0
bmh-MB/p	0	0	0	0	0	0	0	0
bmh-P	289173	55.8	229345	44.2	518518	10.154	5.7	4.5
bmh-P/h	0	0	0	0	0	0	0	0
bmh-P/p	3559	5.3	63677	94.7	67236	1.317	0.1	1.2
bmh-P/T	384518	55.5	308647	44.5	693165	13.574	7.5	6
bmh-T	485008	57.5	358580	42.5	843588	16.52	9.5	7
bmh-T/P	47734	26.1	134891	73.9	182625	3.576	0.9	2.6
bp-M	52234	44.7	64587	55.3	116821	2.288	1	1.3
bp-M/MB	361	45.8	427	54.2	788	0.015	0	0
bp-M/mh	0	0	0	0	0	0	0	0
bp-MB	58200	16.8	287642	83.2	345841	6.773	1.1	5.6
bp-MB/M	0	0	0	0	0	0	0	0
bp-MB/mh	0	0	0	0	0	0	0	0
bp-P	20528	4.7	417258	95.3	437786	8.573	0.4	8.2
bp-P/mh	0	0	0	0	0	0	0	0
bp-P/T	0	0	6798	100	6798	0.133	0	0.1
bs-T	62	0.1	105645	99.9	105706	2.07	0	2.1
bs-T/h	0	0	31529	100	31529	0.617	0	0.6
pp/SA	0	0	4364	100	4364	0.085	0	0.1
(en blanco)	0	0	2	100	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1,974.664</b>	<b>38.7</b>	<b>3,131.776</b>	<b>61.3</b>	<b>5106442</b>	<b>100</b>	<b>38.7</b>	<b>61.3</b>

Era de esperarse mayor presencia de transiciones, debido a la diferencia del método de clasificación por datos bioclimáticos utilizando el SIG, en lugar de la clasificación por observación de campo del mapa original. Se determinan once nuevas transiciones, algunas de ellas de poca extensión, quizás producto de pequeñas desviaciones de los límites de las variables; por otro lado, cuatro transiciones no son determinadas en el mapa desarrollado en el presente estudio.

Apenas el 38,7% es coincidente entre ambos mapas. Entre el 61.3% de no coincidencias, hay cinco zonas de vida y dos transiciones que representan el 45%; estas fueron reordenadas en el cuadro 12 para observar cuales zonas de vida y transiciones del mapa de Bolaños y Watson (1993) corresponden al mapa elaborado con datos bioclimáticos; en este cuadro solamente se incluyen las no coincidencias de mayor extensión.

En el cuadro 12 se puede notar que hay inconsistencias entre las zonas de vida por diferencias de precipitación; por ejemplo, entre el bosque pluvial premontano y el bosque muy húmedo premontano, o el bosque pluvial y muy húmedo Montano Bajo, lo que puede ser por deficiencia del mapa interpolado de isoyetas; también hay inconsistencias por biotemperatura, como en el caso del bosque húmedo Premontano transición a Tropical que pasa, con el nuevo mapa, a bosque húmedo Premontano, lo que se puede atribuir a la fórmula utilizada para calcular biotemperatura.

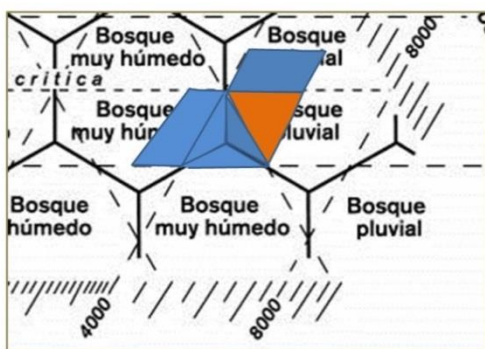
En la figura 2 se muestra la ubicación en el diagrama de zonas de vida de Holdridge (1987), las zonas de vida y transiciones no coincidentes (en color azul) del mapa elaborado con datos bioclimáticos con la correspondiente al mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993), indicado en color café. Las razones de no coincidencia pueden ser varias; desde posibles errores de clasificación en el mapa original, como la falta de un mejor ajuste de la gradiente térmica para determinar la temperatura, o la limitación de programa de SIG para la interpolación de isoyetas cada 100 mm a partir de un mapa de pequeña escala.

**Cuadro 12. Áreas de coincidencia y no coincidencias más importantes entre el mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) y el generado con datos bioclimáticos.**

Zona vida	bh-P	bh-P/T	bh-T	bh-T/mh	bh-T/P	bmh-MB	bmh-MB/p	bmh-P	bmh-P/p	bmh-P/T	bmh-T	bmh-T/P	bp-MB	bp-MB/mh	bp-P	bp-P/mh	bs-T	No coincidencia total
<b>Bolaños-Watson</b>	<b>Hectáreas</b>																	<b>%</b>
bp-P	0		356		967	59		25151	9	50417	1119	3413	47589	45		20528	52691	8.17
bh-T	4956	5299	331	6898	123			1172		29403	1	10432						7.50
bmh-T		27	196	556	693			6044	131	32888	48500	8	2476		54			7.02
bh-P/T	2368	1479	556		152			208		7449							747	6.38
bmh-P/T	74	18	782	2464	216			2501	2	38451	22501	3	120				2	6.04
bp-MB	50				101	961	10464	60	26300	4	10284	140	704	58200	4573	32917	2009	5.63
bmh-P	3020		229	308	687	6		28917	3	24942	28127	8838	23726		2108	2279		4.49
bh-T/mh			166	1417	88			63		11833	9	13147						2.91
bmh-T/P			241		809			64810	3435	20077	35742	47734						2.64
bh-T/s	4638	1613	362		571					3116								2.11
bs-T	5458	4791	71		0												62	2.07
bmh-MB	7592					438	3059	44781	2744				1469	738	3105			1.30
<b>Total</b>																		<b>56.28</b>

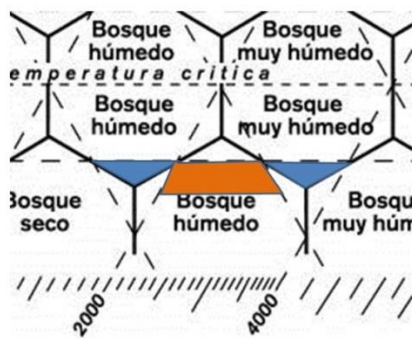
No coincidencia

Coincidencia



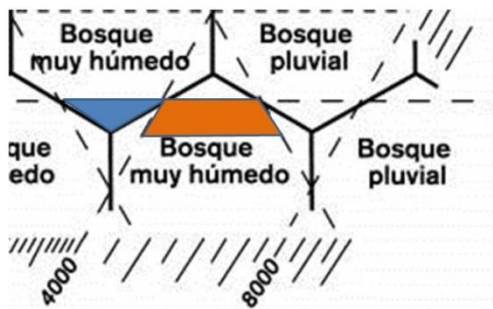
Zona vida bp-P  
% no coincidencia total 8.17

Hectáreas				
bmh-P	bmh-P/p	bmh-T/P	bp-P	bp-P/mh
251510	30812	4708	20528	32691



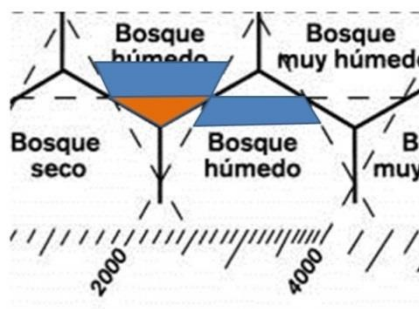
Zona vida bh-T  
% no coincidencia total 7.50

Hectáreas		
bh-P/T	bh-T	bmh-P/T
22684	331434	2484



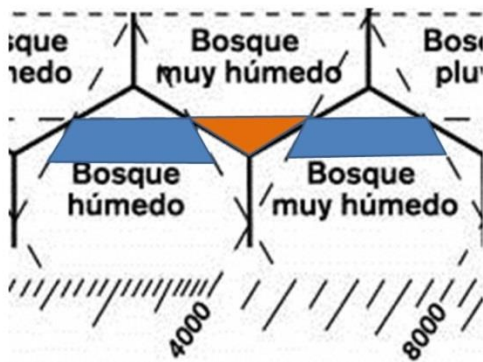
Zona vida bmh-T  
% no coincidencia total 7.02

Hectáreas	
bmh-P/T	bmh-T
32888	485008



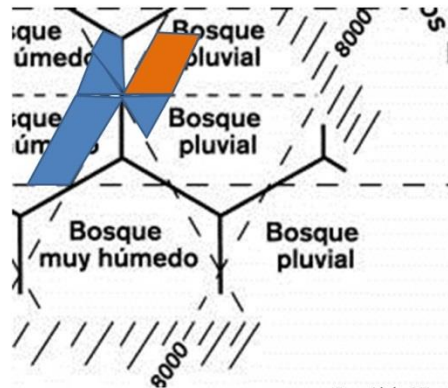
Zona vida bh-P/T  
% no coincidencia total 6.38

Hectáreas		
bh-P	bh-P/T	bh-T
23684	147953	3064



Zona vida bmh-P/T  
% no coincidencia total 6.04

Hectáreas		
bh-T	bmh-P/T	bmh-T
7874	384518	22501



Zona vida bp-MB  
% no coincidencia total 5.63

Hectáreas				
bmh-MB	bmh-MB/p	bmh-P	bp-MB	bp-P
96180	26300	108644	58200	3291

Figura 2a. Coincidencia y no coincidencia de las zonas de vida y sus transiciones, ubicadas en el diagrama de zonas de vida de Holdridge (1987).

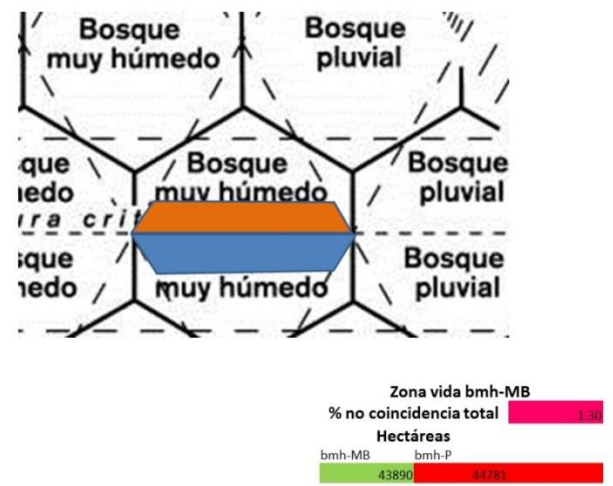
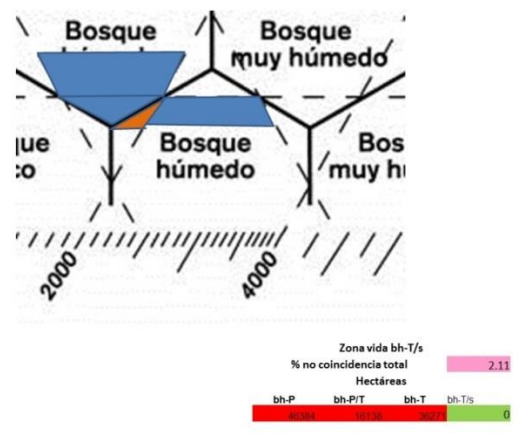
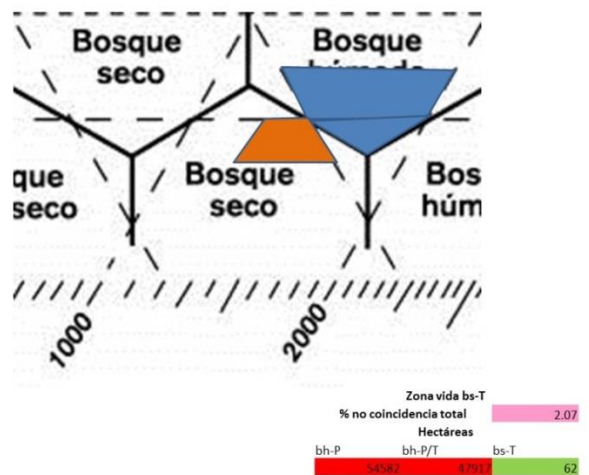
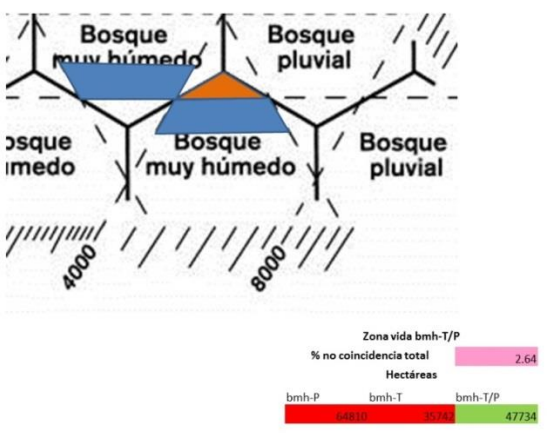
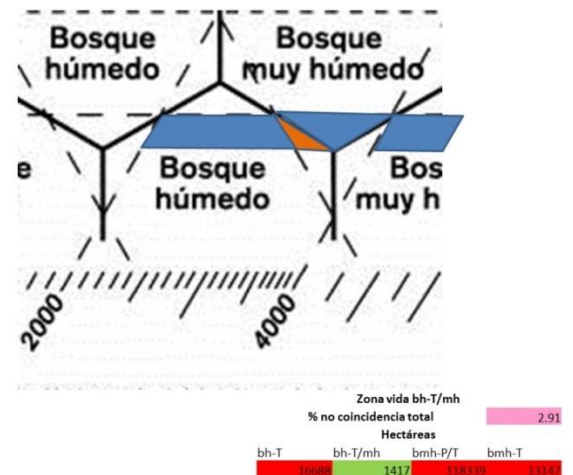
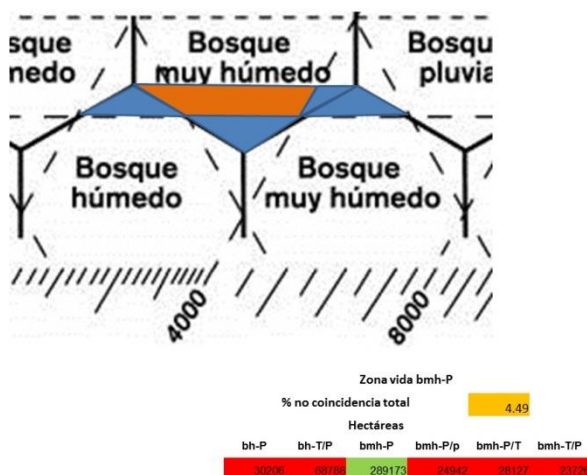


Figura 2b. Coincidencia y no coincidencia de las zonas de vida y sus transiciones, ubicadas en el diagrama de zonas de vida de Holdridge (1987).



La fórmula propuesta por Holdridge (1987) para determinar la biotemperatura, aplica cuando la temperatura promedio anual es mayor a los 24 °C; sin embargo, cuando el valor de temperatura tiende a ser más alto, la biotemperatura tiende a disminuir significativamente. Esto hace que los valores se ubiquen en el diagrama cerca de la línea de transición entre el piso Tropical y el Premontano; incluso, algunos sectores de bajura son clasificados como Premontano. Es por ello que muchas de las áreas de no coincidencia corresponden a las zonas de bosque seco y húmedo de los pisos Tropical y Premontano. De acuerdo con Holdridge (1987), la fórmula utilizada fue desarrollada para la región Sub Tropical.

Por otro lado, en los diagramas de la figura 2 se puede notar que las no coincidencias más importantes se encuentran colindantes con la zona de vida determinada por Bolaños y Watson (1993), lo que hace suponer que las diferencias en la mayoría de los casos se deben a valores mínimos, que podría ser inducido principalmente por la carencia de un método algebraico para determinar las transiciones y así evitar hacer la clasificación visualmente en el diagrama, como se hizo en el presente estudio.

#### **4.2. Mapa de asociaciones de zonas de vida**

A pesar de la poca coincidencia entre los mapas de zonas de vida (el elaborado por Bolaños y Watson, principalmente con clasificación de campo y el mapa generado a partir de datos bioclimáticos en un SIG), se consideró importante continuar con el proceso de estudio establecido y se generó el mapa de asociaciones de zonas de vida.

El mapa de asociaciones de zonas de vida se obtuvo a partir del cruce de los mapas: de zonas de vida (generado a partir de datos climáticos de precipitación y biotemperatura) y los mapas de limitaciones de suelos, bosques deciduos y nubosos. Esta intersección determinó una variabilidad de 140 asociaciones de zonas de vida, considerando entre ellas las transiciones. La figura 3 muestra el mapa de asociaciones

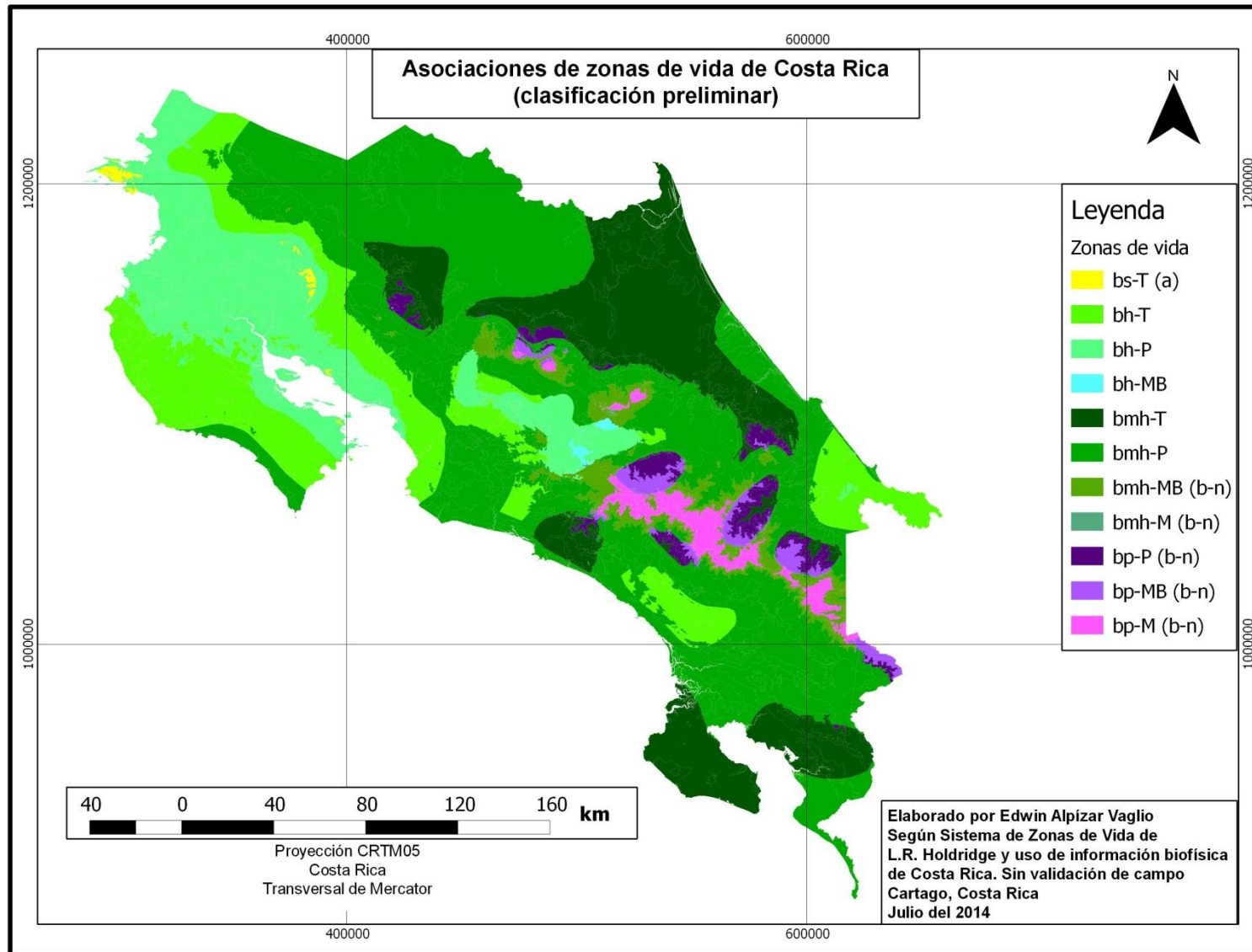
de zonas de vida generado en el presente estudio. El cuadro 13 muestra la extensión de las asociaciones encontradas.

Hay 13 asociaciones que son zonales; es decir, que no son afectadas por factores biofísicos locales. Otras 69 asociaciones están definidas por una condición específica y las restantes 58 presentan la combinación de dos condiciones biofísicas. La nomenclatura adoptada en el presente estudio no es definitiva, ni pretende ser acertada, puesto que el mapa de asociaciones de zonas de vida no era el objetivo del presente estudio. Es por ello; por ejemplo, que el término de asociación arenosa, solamente se refiere a una condición de ecosistema que se desarrolla en suelos livianos y muy livianos. Igualmente, el término bosque ralo se refiere a asociaciones con texturas de suelos muy pesadas.

En el caso de bosques bajos se refieren a ecosistemas que se desarrollan en suelos poco profundos. Será necesario hacer una comprobación de campo, para determinar si estos términos son apropiados o deben cambiarse. Por ahora lo que se resuelve es disponer de un término para asignar una condición específica que diferencia un ecosistema.

En cuanto a las asociaciones, hay 21 que son bosque nubosos; otras 13 son bosques nubosos asociados a bosques bajos y 16 son bosques nubosos en ladera, para un total de 47 tipos de bosques nubosos. Es difícil concebir tanta variedad de esta condición y será una necesidad revisarla en un estudio posterior, porque plantea una dificultad técnica para su clasificación en el campo.

Con respecto a la cantidad de asociaciones por zona de vida, el bosque húmedo Tropical presenta el mayor número con doce; le sigue el bosque húmedo Premontano con diez asociaciones. Por el contrario, el bosque seco tropical y el bosque seco Tropical transición a húmedo son los menos diversos, pues presentan solamente dos y tres tipos de asociaciones respectivamente.



**Figura 3. Mapa de asociaciones de zonas de vida de Costa Rica.. Versión preliminar sin comprobación de campo.**

**Cuadro 13. Asociaciones de zonas de vida de Costa Rica, según condiciones específicas de clima, suelo y relieve.**

	Zonal	Nuboso	Deciduo	Semideciduo	Arenoso	Ralo	Bajo	Ladera	Inundable	Anegado	Sub total
Zona de vida	Hectáreas										
bh-MB	953	4394		2259							7605
bh-MB/mh	38	218		19							275
bh-P	92809	3806		151331		18733		254	2198	13810	282940
bh-P/mh	4544	599		1188				2			6333
bh-P/T	18319			85883	1	5			14	4306	108528
bh-T	232125			118786	9984	7	3	2432	3084	5952	372372
bh-T/mh	6925			3882				225			11032
bh-T/P	85814			26139		21	666	1847		778	115265
bmh-M		77									77
bmh-M/p		226									226
bmh-MB		47844									47844
bmh-MB/h		1429									1429
bmh-MB/M		1153									1153
bmh-MB/p		4357									4357
bmh-P	61933	366875			199		8728	38022			475757
bmh-P/h	4651	3262						2333			10246
bmh-P/p		39672									39672
bmh-P/T	904080				7562		45208	103547	44021	96619	1201037
bmh-T	560228				17741		32310	27127	27205	122635	787246
bmh-T/P	69059				1590		9078	45241		320	125288
bp-M		2622									2622
bp-M/MB		7179									7179
bp-M/mh		211									211
bp-MB		3646									3646
bp-MB/M		30									30
bp-MB/mh		701									701
bp-P		4099									4099
bp-P/mh		13605									13605
bs-T										23	23
bs-T/h			4912								4912
<b>Total</b>	<b>2041476</b>	<b>506004</b>	<b>4912</b>	<b>389487</b>	<b>37076</b>	<b>18765</b>	<b>95993</b>	<b>221031</b>	<b>76522</b>	<b>244444</b>	<b>3635709</b>
<b>Condiciones</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>82</b>

## Continuación cuadro 13.

	Ladera/ nuboso	Ladera/ semi deciduo	Ladera/ deciduo	Bajo/ semi deciduo	Bajo/ deciduo	Ralo/ semi deciduo	Arenoso/ deciduo	Arenoso/ semi deciduo	Arenoso/ nuboso	Bajo/ nuboso	Sub total	Total
Zona de vida	Hectáreas											
bh-MB	451	56									506	8112
bh-MB/mh											0	275
bh-P	37	34198		101728		52159					188122	471062
bh-P/mh		2246									2246	8579
bh-P/T		20374		135457		3191	203				159225	267752
bh-T		170301		39494		1540	478	378			212191	584563
bh-T/mh		1579		107							1686	12718
bh-T/P		65356		5571		3146		402			74475	189740
bmh-M										0.191	0	77
bmh-M/p										223	223	449
bmh-MB	104685									1594	106278	154122
bmh-MB/h											0	1429
bmh-MB/M	734									164	898	2051
bmh-MB/p	32523									136	32659	37016
bmh-P	325696							544	1192	35515	362948	838704
bmh-P/h	455										455	10701
bmh-P/p	49186								128	6529	55843	95515
bmh-P/T								89			89	1201125
bmh-T								1454			1454	788700
bmh-T/P											0	125288
bp-M	34576									19601	54177	56799
bp-M/MB	42566									32	42598	49777
bp-M/mh	200									200	400	610
bp-MB	61931									172	62103	65748
bp-MB/M	370										370	400
bp-MB/mh	5555										5555	6256
bp-P	54583									31	54614	58713
bp-P/mh	42364								4	1013	43381	56986
bs-T					7510						7510	7534
bs-T/h			18		575						593	5505
<b>Total</b>	<b>755911</b>	<b>294109</b>	<b>18</b>	<b>282358</b>	<b>8086</b>	<b>60035</b>	<b>681</b>	<b>2866</b>	<b>1323</b>	<b>65211</b>	<b>1470598</b>	<b>5106307</b>
<b>Condiciones</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>58</b>	<b>140</b>

En cuanto a extensión, el bosque muy húmedo Premontano, transición a Tropical es el mayor con 904.080 hectáreas en condición zonal, le sigue el bosque muy húmedo Tropical con 560.228 hectáreas en condición zonal y 122.635 con bosque anegado; después está el bosque húmedo Premontano con 366.875 hectáreas como bosque nuboso y otras 325.696 hectáreas como bosque nuboso de ladera. Posteriormente está el bosque húmedo Tropical con 232.125 hectáreas en condición zonal; 118.786 hectáreas como bosques semidecíduos y otras 170.301 hectáreas como bosque de ladera semidecíduos.

Las zonas de vida y transiciones de menor extensión son el bosque muy húmedo Montano con 77 hectáreas y su transición a pluvial con 449 hectáreas. También el bosque húmedo Montano Bajo transición a muy húmedo con 275 hectáreas. Otro es el bosque pluvial Montano, transición a muy húmedo con 400 hectáreas. Cuando se observa a nivel de asociación, hay siete que tienen una extensión menor a las diez hectáreas y otras doce menores a las 100 hectáreas, lo cual supone que podrían no existir y ser producto de desajustes de las variables cuando son cruzadas en el SIG.

### **4.3. Zonificación agroecológica del café**

El mapa de zonificación agroecológica del café elaborado por Rojas (1987) y el generado en el SIG, a partir de las variables biofísicas y sus respectivos rangos, definidos por Rojas, tienen una coincidencia muy baja, del 27,4%, según se observa en el cuadro 14. No se esperaba un valor tan bajo, partiendo que el mapa generado en el SIG responde a los mismos criterios del autor del mapa impreso.

Uno de los aspectos que pudo haber afectado es que la clasificación de suelos aptos para café dados por Rojas están basados en el mapa de suelos de Acón, que estaba a nivel de Gran Grupo y el actual mapa de suelos del CIA (2014) está a nivel de Sub Orden; además algunos de estos sub órdenes cambiaron de nombre con el nuevo mapa, entonces en algunos casos hay generalización de las clases.

También es importante el factor de escala. Los mapas impresos de productividad y días lluvia elaborados por Rojas, son a escala 1:1,250.000, y el nuevo mapa es a 1:200.000. Otra situación que se observó es que las líneas del mapa final de Rojas, impreso, tiene un desplazamiento con las unidades de las variables utilizadas, también impresas. El método de mesa de luz, utilizado en la década de los ochenta, no se hizo de manera cuidadosa. Esto pudo afectar significativamente la falta de coincidencia.

En el cuadro 14, el código utilizado, el primer número corresponde a la clase de potencial de producción, el segundo número se refiere a la clase de días lluvia y el tercer dígito es la clase de suelo productivo para café.

Sin embargo, Rojas hace una agrupación de clases productivas del conjunto de variables utilizadas y cuando se compara con el mapa elaborado en el SIG, resulta en una coincidencia del 87,5%, como se muestra en el cuadro 15. Cuando el análisis se hace por clase productiva, según Rojas, el porcentaje de coincidencia se reduce, pero se mantiene en el 70,8% para las clase 1 y para la clase 2 sólo de un 16%.

Cuadro 14. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa agroecológico de Rojas (1987) y el generado en SIG.

Variables*	Variables generadas en SIG (hectáreas)																		
	1	2	3	111	112	113	121	122	123	130	131	132	133	210	211	212	213	222	221
0	0	4	0	3603	2837	1	3119	39904	618		7934	20148	2491		15331	11416	907	47024	5740
1											2504	2293	2869						
2																			
3											2211	104	1943						
33									0			6084							
111				116245	73103	28584	16071	1572	449						19088	13217	1880		954
112				21963	73268	10877	487	878							4480	16871	3836		
113				36159	15556	8097	6193	831	264			325	2491		3059	3822	593	91	1893
121				1746	135	425	117194	46788	11175		22959	3943	2255					6459	17073
122				1060	1347	96	22354	120889	683		3972	3129						9742	
123				17			9469	14	2490										
131							2359	3258	185		149657	223827	35138					2587	
132							209	5151			22359	182883	7633					733	252
133							1012	31	257		36402	29144	26676						
211				1809											6797	2124			
212				621											6070	12494			340
213				2736	29424	1326									12751	5104	3105		
222					3520			32710	108			0				1561		17329	2656
231								3			33747	3781	5373					2130	4869
232											70678	44496	1870					641	
233											22219	8	14448						
311																			20
312														1	298	2447	633		
313																			
321					245										4823	14771	17	1379	224
322																7124			
323				248											4326	3017	579	4462	
331																			
332								189								303		20568	472
333																			
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>186207</b>	<b>199433</b>	<b>49406</b>	<b>178467</b>	<b>252218</b>	<b>16228</b>	<b>0</b>	<b>374642</b>	<b>520165</b>	<b>103188</b>	<b>1.4</b>	<b>77022</b>	<b>94271</b>	<b>11547.8</b>	<b>113145</b>	<b>34492</b>

\*Clases según el mapa de Rojas



## Continuación cuadro 14.

Variables generadas en SIG (hectáreas)																	
Variabes*	223	230	231	232	233	310	311	312	313	320	321	322	323	331	332	333	Total
0	910		4872	20679	9880	0	17059	27088	8963		21378	39654	7843	1994	8922	3187	333505
1			1500		2051		964		1013						1579		14773
2							4098	3110	5055								12263
3							10508	2749	19343		913	1065	168	390	4139	379	43912
33																	6084
111							41	107									271312
112								147	0								132808
113				259	2837										7	276	82751
121	27		2438	720	85						43		7		1		233472
122	788		4	555	122												164740
123																	11990
131	506		27661	24150	12544								7	3988	48	57	485970
132	646		6004	19222	2964						86	216	202				248562
133		0	8449	113	14285												116369
211																	10730
212							1882	6285			29						27723
213																	54445
222							70				5179	2920					66051
231	275		8862	1181	2874						3341	1481	1487			1	69406
232			19520	29884	5155							163		999	3377		176783
233	38		29800	2430	92299									156	273		161672
311	12		28	10	9					0	1936	5262	9679	35	65	119	17174
312							33171	76373	13135		16571	25519	1460	2627	6896	1829	180959
313						1	82	54951	18257		26143	17118	30475	1806	790	1903	151527
321							73140	37876	38428	0	32549	23863	18017				245333
322							41077	233018	77262		4737	5968	2047				371233
323							36667	23374	163383	0	7157	16836	10102				270151
331			1287				8839	16479	4337		237	246	892	25689	7090	9203	74300
332	108		1002	11095	2431		19301	208640	30687		7580	226988	3453	32982	202298	27395	795492
333			1950	367	7893	25	15259	44448	79801	0	93	934	15669	23047	19852	59915	269251
<b>Total</b>	<b>3310</b>	<b>0</b>	<b>113376</b>	<b>110665</b>	<b>155429</b>	<b>26</b>	<b>262159</b>	<b>734647</b>	<b>459665</b>	<b>0</b>	<b>127971</b>	<b>368233</b>	<b>101507</b>	<b>93713</b>	<b>255338</b>	<b>104265</b>	<b>5100740</b>

**Cuadro 15. Áreas de coincidencia y no coincidencia entre el mapa agroecológico elaborado por Rojas (1987) y el generado en el SIG a partir de variables biofísicas.**

Clase productiva*	Clases productivas según mapa en SIG					Total	%	
	1	2	3	4	5			
	Hectáreas							
0					4.34	4.34	0,0	
1	Muy alta	284579	53656	16558	3404	45922	404119	70.4
2	Alta	2431	27485		340	8197	38453	71.5
3	Mediana	1881		117194	70320	44078	233472	50.2
4	Baja	5926	1561	22354	183325	17626	230791	79.4
5	Muy baja	90823	88591	22361	142465	3849660	4193901	91.8
<b>Total</b>		<b>385640</b>	<b>171293</b>	<b>178467</b>	<b>399854</b>	<b>3965486</b>	<b>5100740</b>	
<b>Coincidencia %</b>		<b>73.8</b>	<b>16.0</b>	<b>65.7</b>	<b>45.8</b>	<b>97.1</b>	<b>87.5</b>	

\* Se refiere a la probabilidad de obtener buenos resultados, según Rojas (1987).

El cuadro 15 muestra 90.823 hectáreas como clase 1, que Rojas clasificó como clase 5 y 88.591 hectáreas como clase 2, cuando Rojas las clasificó como de clase 5. Según Rojas solamente 38.453 hectáreas son consideradas como clase 2, mientras que en el mapa con datos hay 171.293 hectáreas. Esto lo que evidencia, es que a pesar de la alta coincidencia por clases, si mantiene una inconsistencia de los datos a nivel de variables, pero que a la postre, cuando se unen no tienen diferencias importantes.

#### 4.4. Zonificación agroecológica del cacao

El análisis de coincidencia entre el mapa agroecológico para cacao elaborado por Sánchez y Bonilla (1988) y el generado en el SIG, solamente se pudo hacer para las clases 1 y 2, dado que el mapa impreso considera solamente estas clases. El porcentaje de coincidencia de estas clases es muy bajo, solamente del 12,7%, tal como lo muestra el cuadro 16.

**Cuadro 16. Áreas de coincidencia y no coincidencia del mapa agroecológico para cacao elaborado por Sánchez y Bonilla (1988) y el generado en el SIG a partir de variables biofísicas.**

Clases productivas según mapas del SIG (hectáreas)									
Clases*	0	1	2	3	4	5	6	7	Total
0	168	3329	170154	649217	1523033	1197513	839080	205003	<b>4587497</b>
1		13292	22707	18190	30641	9590	5104	853	<b>100377</b>
2	26	6035	16187	123569	161951	71113	33949	5484	<b>418315</b>
<b>Total</b>	<b>194</b>	<b>22656</b>	<b>209047</b>	<b>790976</b>	<b>1715626</b>	<b>1278216</b>	<b>878133</b>	<b>211340</b>	<b>5106188</b>
		<b>Coincidencia</b>	12.7%						

\*Clases según mapa de Sánchez y Bonilla (1988)

La zonificación agroecológica para cacao propuesta por Sánchez y Bonilla (1988) y que fue revisada por Arroyo y Ugalde (2003), está basada en el número de limitantes en condición moderada que tienen los sitios. La zonificación propuesta por dichos autores establece once variables, de las cuales cinco corresponden al suelo. Por falta de información separada de las variables de suelo, se aplicaron de manera general las clases taxonómicas de suelos del mapa para Costa Rica (CIA 2014). La humedad relativa incluida por Sánchez y Bonilla fue desestimada por Arroyo y Ugalde, por lo que no se consideró el presente análisis. En total, para la elaboración del mapa de zonificación agroecológica del cacao en el SIG se utilizaron seis variables.

Según la metodología propuesta por Sánchez y Bonilla (1988), las tierras que no cumplen el rango establecido como moderado por los autores para cada variable, se considera una limitante. Así, tierras clase 1, las mejores para cacao, son aquellas que no tienen limitantes. Tierras que tienen una limitante moderada se considera clase 2, con dos limitantes moderadas son tierras clase 3 y así sucesivamente. Tierras clasificadas como no aptas son clasificadas como clase 7.

El mapa agroecológico elaborado por Sánchez y Bonilla (1988) muestra un alto potencial de uso en la región Caribe y poco o casi nada en la vertiente pacífica, principalmente en la región de Guanacaste. Es posible que por el método utilizado en la década de los años ochenta, algunas de las variables no hayan sido consideradas y

más parece que la zonificación obedece a un conocimiento de campo de los autores, enfocado a la región Caribe.

También es posible que la variable de meses secos haya sido considerada como determinante para definir a la región del Pacífico Norte como no apta para cacao. La historia muestra que esta región y muchas zonas del litoral pacífico americano tenían un importante potencial de producción, pero que fue abandonado por consideraciones económicas. Es así como el mapa generado con datos biofísicos muestra áreas con potencial clase 2 y 3 en diversas regiones del país. La limitación de meses secos es importante, pero es un aspecto económico que se podría solventar con riego. La poca coincidencia podría también estar asociada con la escala de los mapas. El mapa impreso de Sánchez y Bonilla está a una escala 1:2,000.000. Si bien hay un mapa a escala 1:200.000 (Sánchez s.f.), este no fue utilizado debido a que no estaba en formato digital.

#### **4.5. Comparación de mapas**

El mapa de asociaciones de zonas de vida generado a partir de variables biofísicas fue cruzado respectivamente con los mapas agroecológicos de café y cacao, también generados a partir de las variables biofísicas, definidas por los proponentes de dichos mapas. El resultado de este cruce se presenta en los anexos 3 y 4, debido a lo extenso de los cuadros. Los datos de ambos anexos se presentan en porcentaje y fueron ordenados por condición biofísica, para interpretar mejor la coincidencia de mapas.

##### **4.5.1 Asociaciones de zonas de vida y café**

Se hizo un primer análisis comparativo entre los mapas de asociaciones de zonas de vida con el mapa agroecológico para café, generado con las variables propuestas por Rojas. Se presentó que no había una relación en los datos, por lo que se revisó y se determinó que el mapa de días lluvias propuesto por Rojas difería mucho de los mapas de meses secos elaborados por Herrera (1985) y Bolaños (CCT 1985). Por lo tanto se decidió hacer un nuevo mapa de días lluvia utilizando el mapa de Herrera y ajustándolo

a los rangos sugeridos por Rojas. Con ello se generó un nuevo mapa agroecológico para café basado en las variables biofísicas propuestas por Rojas.

Analizando el anexo 3 sobre asociaciones de zonas de vida y café, ordenando los datos por condición biofísica, se puede notar que el café no se desarrolla en asociaciones con condiciones limitantes de suelo, tales como bosques anegados, inundables, arenosos, bajos y ralos.

Igualmente los bosques de ladera no tienen potencial para el cultivo, salvo dos excepciones en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano y bosque muy húmedo Premontano transición a húmedo.

La condición de bosques nubosos y semidecíduos no afectan directamente el potencial de cultivo, pero están fuertemente asociados a la zona de vida. Se observa como la zona de vida bosque húmedo Montano Bajo cuando los bosques son semidecíduos tienen mayor potencial que si tienen condición nubosa, debido a un periodo seco más corto.

Haciendo un análisis por zona de vida, se tiene que el bosque muy húmedo Premontano es el que muestra mayor potencial, sin la presencia de la condición nubosa. También tiene potencial el bosque húmedo Premontano; sin embargo, la proporción de tierras clase 1 y 2 es relativamente baja, un 20,9%; debido a que gran parte de las tierras que no son aptas se encuentran en Guanacaste y como se mencionó, es posible que haya una debilidad en la fórmula de biotemperatura que determina que haya una importante extensión de esta zona de vida en la llanura de Guanacaste. El potencial aumenta en esta zona de vida de bosque húmedo Premontano, cuando es transición a muy húmedo; probablemente porque no se encuentra en bajura. Otra zona de vida de importancia es el bosque húmedo Montano Bajo, pero solamente cuando se presenta en una condición de semidecíduo

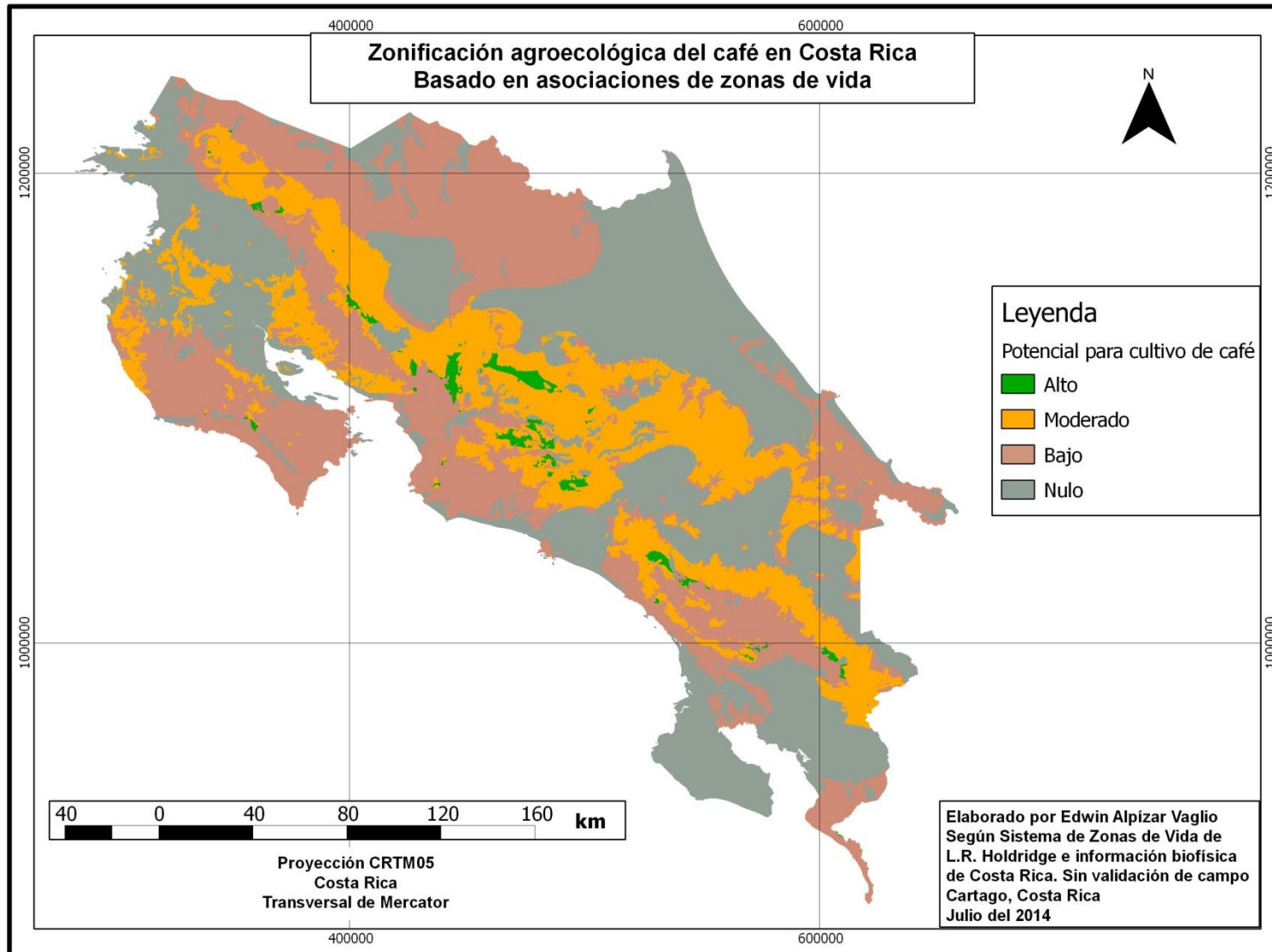
Las áreas sin potencial para el cultivo del café, además de las indicadas como limitantes de suelo, son las zonas de vida con bosque pluvial, en cualquier piso y con bosque muy húmedo Montano Bajo, excepto la transición a húmedo y cualquier condición de bosque en el piso Montano. En la bajura no tienen potencial el bosque muy húmedo Tropical y húmedo Tropical.

La transición bosque seco Tropical a húmedo, presenta potencial, según los datos obtenidos; sin embargo, el porcentaje de área es bajo y la condición se presenta como muy cálida, por lo que se requiere revisar con más detalle esta condición.

Los datos, aunque no son del todo contundentes y presentan distorsiones ocasionadas por las fuentes utilizadas y por el proceso de integración de las variables en el SIG, si dejan entrever en que sitios hay potencial para el café. Basado en el anexo 3 y haciendo las salvedades comentadas anteriormente se presenta en el cuadro 17 cuales son las asociaciones de zonas de vida con potencial para el cultivo del café. El mapa de la figura 4 muestra la distribución de las áreas potenciales para el cultivo del café basado en las asociaciones de zonas de vida.

**Cuadro 17. Asociaciones de zonas de vida con potencial para el cultivo de café.**

Potencial	Observación	Asociación
Alto	El bosque muy húmedo Premontano zonal y su transición a húmedo zonal, el bosque húmedo Premontano, transición a muy húmedo semideciduo	bmh-P (z) bmh-P/h (z) bh-P/mh (sd).
Moderado	El bosque muy húmedo Premontano, cuando tiene condición de bosque nuboso y en ladera, también cuando es transición a húmedo en condición de ladera y transición a pluvial en condición de bosque nuboso El bosque húmedo Premontano zonal y semideciduo o ladera se presenta con potencial moderado; sin embargo, debe revisarse la clasificación de esta zona de vida por ajuste de la biotemperatura, podría ser que tenga un alto potencial. La asociación bosque húmedo Premontano transición a muy húmedo zonal también se incluye como potencial moderado. El bosque húmedo Montano Bajo cuando es zonal o nuboso, así como su transición a muy húmedo, siendo nuboso o zonal tienen moderado potencial. El bosque húmedo Tropical transición a Premontano, cuando es zonal o semideciduo también tiene moderado potencial. También se considera con potencial moderado las asociaciones bosque muy húmedo Montano Bajo y su transición a húmedo, ambas en condición de nuboso.	bmh-P (n), bmh-P (l) bmh-P (l-n) bmh-P/h (l) bmh-P/p (n). bh-P (z) bh-P (sd) bh-P (l) bh-P/mh (z) bh-MB (z) bh-MB (n) bh-MB/mh (n) bh-MB/mh (z) bh-T/P (z) bh-T/P (sd) bmh-MB (n) bmh-MB/h (n)
Bajo	El bosque húmedo Montano Bajo y su transición a muy húmedo en condición de bosque semideciduo, en ladera y nuboso. El bosque muy húmedo Montao Bajo en condición de ladera y nuboso. El bosque húmedo Premontano, transición a Tropical en condición zonal o semideciduo. El bosque húmedo Tropical en condición semideciduo, zonal o en ladera y semideciduo y la transición a Premontano en ladera y semideciduo. El bosque muy húmedo Premontano transición a pluvial de ladera y nuboso y el bosque muy húmedo Premontano transición Tropical zonal o de ladera. El bosque pluvial Premontano transición a muy húmedo en condición de bosque nuboso. El bosque seco Tropical transición a húmedo cuando el bosque es deciduo	bh-MB (sd) bh-MB (l-n) bh-MB (n) bh-MB/ (sd) bmh-MB (l-n) bh-P/T (z), bh-P/T (sd) bh-T (sd), bh-T (z) bh-T (l-sd) bh-T/P (l) bh-T/P (l-sd) bmh-P/p (l-n) bmh-P/T (z) bmh-P/T (l) bp-P/mh (n) bs-T/h (d)



**Figura 4. Mapa de zonificación agroecológica del café en Costa Rica, basado en asociaciones de zonas de vida**



#### 4.5.2. Asociaciones de zonas de vida y cacao

El porcentaje de coincidencia entre el mapa de asociaciones de zonas de vida y el mapa agroecológico para cacao se muestra en el anexo 4. Los rangos establecidos por los autores para definir las clases productivas de cacao, determinó que el 89% de las tierras del país tengan de un moderado a bajo potencial o no son aptas (clases 4 a 7). Solamente el restante 11% son tierras con alto potencial (clase 1 a 3).

Esta discriminación de tierras por factores, permite una fácil interpretación del cruce del mapa de asociaciones de zonas de vida con el mapa agroecológico para cacao. El cultivo es sensible a los factores considerados como limitantes o condiciones especiales de las asociaciones; es decir, la mayoría de las tierras con alto potencial son zonales. Como zonas de vida, las que tienen mayor potencial son el bosque húmedo Tropical (bh-T) y el muy húmedo Tropical (bmh-T), así como el húmedo y muy húmedo Premontano transición a Tropical (bh-P/T) (bmh-P/T).

Esta coincidencia de las asociaciones de zonas de vida con las clases agroecológicas del cacao se presentan como una opción práctica de zonificación, si se asocian las zonas de vida y sus condiciones limitantes, con los parámetros definidos por las variables propuestas por los autores de la zonificación agroecológica del cacao. Es posible observar la relación de los pisos altitudinales (por la temperatura) y la condición de humedad, relacionado con la precipitación.

El cuadro 18 muestra los valores definidos por Sánchez y Bonilla (1988) para cada variable, comparado con las asociaciones de zonas de vida. El brillo solar no fue analizado porque la condición de menos de tres horas solamente se ubica en sitios montañosos y sitios con 3 a 4 horas se dan solamente en condiciones de alta precipitación; en ambos casos no hay potencial para cacao y son cubiertas por las variables de piso altitudinal y precipitación que definen las asociaciones de zonas de vida.

Tomando en consideración la relación de las variables de zonificación agroecológica del cacao con las variables del mapa de asociaciones de zonas de vida, se definieron las clases productivas para cacao basado en el mapa de asociaciones de zonas de vida, tal como lo muestra el anexo 4.

Se aplicó el mismo criterio de Sánchez y Bonilla (1988) para definir las clases productivas para cacao; es decir, la clase 1 son tierras que cumplen con los rangos definidos por los proponentes de la zonificación agroecológica. En este caso, se consideran las zonas de vida húmedo y muy Tropical y las transiciones de Premontano a Tropical (P/T), siempre que estén en asociaciones zonales, no deciduos, ni semideciduos, ni nubosos; indicadas en el cuadro 18 como de alto potencial.

Las tierras con potencial para cacao clase 2, son las asociaciones que presenta un moderado potencial, según en el cuadro 18. Cuando un terreno presenta dos condiciones moderadas, se clasifica como 3, sin se presentan tres condiciones moderadas, las tierras tienen un potencial clase 4. Cuatro o más condiciones moderadas son tierras sin potencial, clase 5. Tierras que presentan al menos una condición considerada sin potencial se consideran clase 5.

El criterio utilizado para valorar a las asociaciones que tienen condiciones limitantes como de moderado potencial, parte del criterio que éstas se pueden mejorar con tratamientos; por ejemplo, tierras inundables pueden ser adaptadas con un sistema de drenaje, bosques semideciduos con riego; pero la suma de dos o más de estos factores, reducen la potencialidad de las tierras para producir cacao a niveles que no lo hagan rentable y de ahí la clasificación. La figura 5 muestra el mapa de zonificación agroecológica basado en asociaciones de zonas de vida.

**Cuadro 18. Comparación de las variables de zonificación agroecológica del cacao, según Sánchez y Bonilla (1988) con las asociaciones de zonas de vida.**

Variables	Alto potencial		Moderado potencial		Sin potencial	
	Sánchez/ Bonilla	Asociaciones zona de vida	Sánchez/ Bonilla	Asociaciones zona de vida	Sánchez/ Bonilla	Asociaciones zona de vida
Temperatura promedio anual (°C)	24- 28	Todas del piso Tropical y transiciones P/T, T/mh	22-24 y 28-30	Transiciones T/P y piso P	Menos de 22°C y más de 30°C	Todas de los pisos Montano Bajo y Montano
Precipitación promedio anual (mm)	1700 a 3500	bh-T, bmh-T, bh-T/s	1500 a 1700 y 3500 a 5000	bh-T/mh, bmh-P/T, bmh-T/h, bmh-T/P	Menos de 1500 y más de 5000	Todos los secos y pluviales
Meses secos	0-2	Todos los bosques excepto los deciduos ni semideciduos	3	Semideciduos	Más de 4 meses	Bosques deciduos y por defecto todos los bosques nubosos se excluyen por piso altitudinal
Pendiente (%)	Hasta 15		16 a 30		Más de 60	Tierras con limitación 6
Suelo: Textura del suelo Profundidad efectiva (m) Drenaje Fertilidad aparente Fragmentos en el perfil (%) Acidez (PH)	Media  Mayor a 1,2 Bueno y mod. excesivo Media - alta 0 - 10 5,5 – 7,0	Asociaciones zonales	Mod. finas y finas  0,9 – 1,2 Mod. lento y lento  Baja 10 - 25 4,2 – 5,5	Asociaciones con bosques ralos, bajos, arenosos o inundables	Mod. gruesas y muy finas Menor a a 0,9 Excesivo y muy lento, nulo Muy baja Mayor a 25 Mayor a 7,0	Asociaciones con bosques anegados

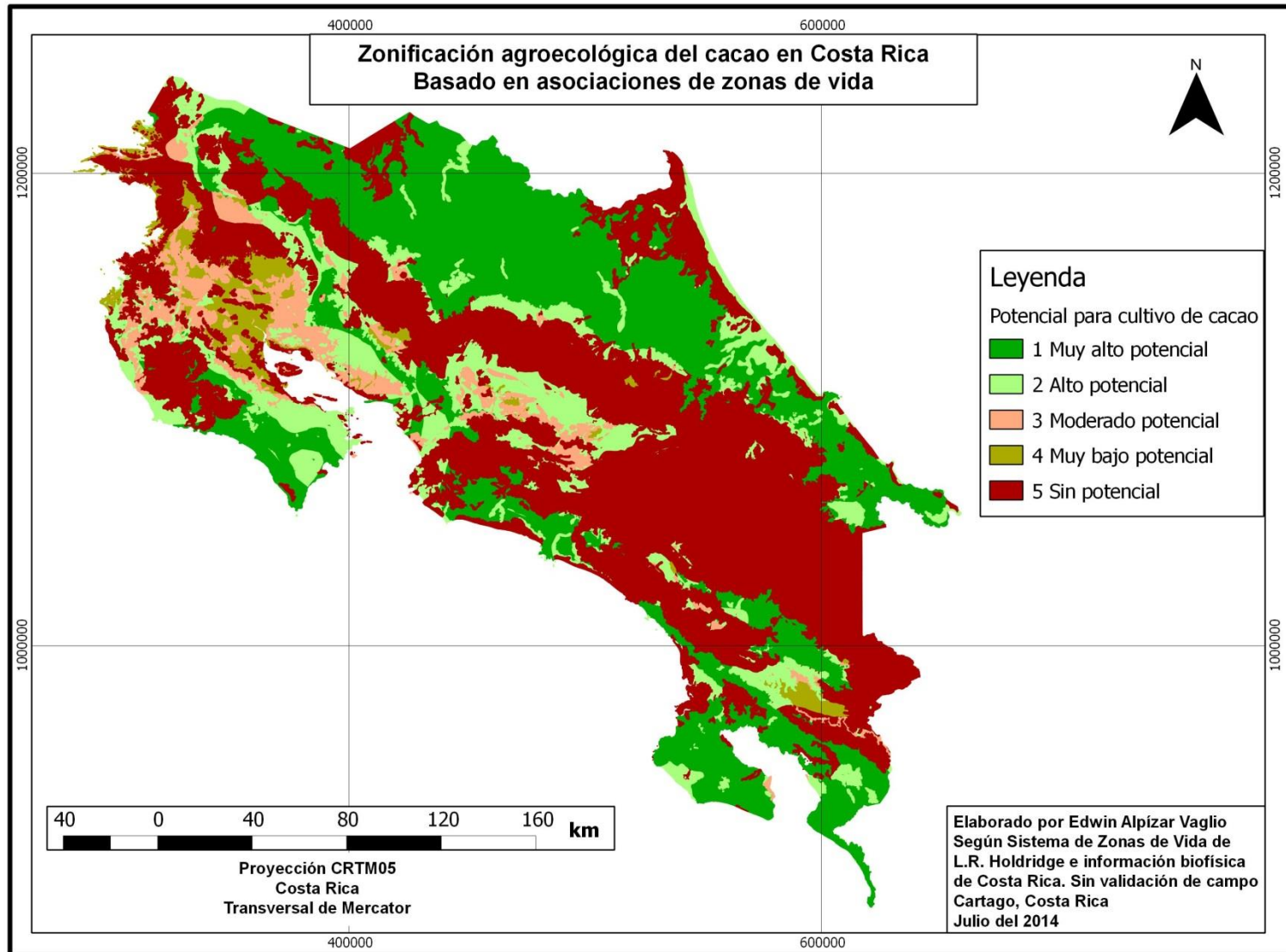


Figura 5. Mapa de zonificación agroecológico del cacao en Costa Rica, basado en asociaciones de zonas de vida

## Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

La proporción de coincidencia entre el mapa de zonas de vida elaborado por Bolaños y Watson (1993) con el mapa de zonas de vida generado a partir de datos bioclimáticos es de apenas un 38,7%. El mapa con datos reporta las mismas zonas de vida que el mapa de Bolaños y Watson, excepto el páramo pluvial Sub Alpino, el cual difiere debido a los datos de precipitación en donde es reportado. El mapa con datos reporta once nuevas transiciones y no determina cuatro que tenía el mapa de Bolaños y Watson; hay coincidencia en once transiciones.

La falta de coincidencia entre ambos mapas se debe a varios factores: la diferencia del método, el de Bolaños y Watson (1993) se basa principalmente por clasificación de campo, el mapa con datos se genera en un SIG, lo que le permite mayor detalle en la unidad de mapeo. La gradiente térmica utilizada puede tener diferencias significativas con respecto al uso de datos de temperatura; para afinar esta condición es necesario disponer de muchos datos de estaciones climáticas.

La interpolación del mapa de isoyetas para obtener líneas cada 100 mm se hizo utilizando las herramientas de SIG, pero en ciertas regiones cercanas a la frontera y costas, esta interpolación no fue precisa; será necesario hacer un nuevo esfuerzo para ajustar estas isolíneas de precipitación.

Otro aspecto que justifica las diferencias de los mapas de zonas de vida, es la fórmula utilizada para determinar biotemperatura, la cual fue propuesta por Holdridge (1987) para el Sub Trópico. Se notó que conforme la temperatura media anual es mayor, la biotemperatura tiende a bajar significativamente, lo que provoca que sitios de bajura sean clasificados como piso Premontano. Este se percibe conforme se acerca a la línea sub Tropical. Por eso Guanacaste, al tener una latitud cercana a los 11°, el valor de biotemperatura baja a menos de 24°C, Será una tarea pendiente revisar dicha fórmula y proponer una que se ajuste a la región Tropical.

También la ausencia de una fórmula algebraica para el cálculo de las transiciones pudo afectar la clasificación de éstas. La clasificación se hizo de forma visual utilizando el diagrama de zonas de vida. Es necesario desarrollar esta fórmula; aunque se conoce de algunos trabajos en este sentido, pero no estuvieron al alcance del presente estudio.

El cruce del mapa de zonas de vida generado con datos bioclimáticos, con los mapas de bosques deciduos, semideciduos, nubosos y con limitantes de suelos originaron 140 asociaciones de zonas de vida.

No era un objetivo del presente estudio hacer un mapa de asociaciones de zonas de vida, pero sí un insumo básico; por lo que la terminología utilizada no necesariamente es la apropiada; será una tarea posterior hacer una validación de dicho mapa y verificar en el campo si efectivamente las limitantes indicadas coinciden e inciden en la vegetación.

Algunas asociaciones son de poca extensión, por lo que es posible que en el campo no existan y son producto de la intersección de los mapas analizados. También debe ser una tarea pendiente hacer una validación de campo de estas unidades.

El mapa de asociaciones de zonas de vida presenta 47 tipos de bosques nubosos, lo que representa una tercera parte de las asociaciones. Esta situación debe ser revisada, puesto que es una complicación a la hora de hacer la identificación en el campo.

La comparación del mapa agroecológico para café elaborado por Rojas (1987), con el mapa generado en SIG a partir de las mismas variables indicadas por Rojas, dan una baja coincidencia. Esto se debe posiblemente al uso de un mapa de suelos diferente al utilizado por el autor de la zonificación agroecológica; ambos difieren en el nivel de clasificación y en los límites de las unidades. Igualmente, la baja coincidencia se debe a la escala de los mapas trabajados y a un error de desplazamiento entre los mapas, cuando fueron cruzados mediante por métodos rústicos de los años ochenta (mesa de luz).

Sin embargo, al reclasificar las variables propuestas por Rojas (1987) en clases de probabilidad de producción, la coincidencia es aceptable, a pesar de que se observan inconsistencias en la comparación de clases.

La comparación entre el mapa de cacao elaborado por Sánchez y Bonilla (1988), con el generado con datos en el SIG, al igual que con café, presenta una coincidencia muy baja. Las razones son la diferencia de escalas utilizadas, la limitación de comparar solamente dos clases y el posible sesgo que existe por factores económicos, al atribuirle al periodo de meses secos como un factor determinante para clasificar las tierras como no aptas.

El mapa agroecológico para café propuesto por Rojas (1987), presenta un mapa de días lluvia que difiere con los mapas de meses secos elaborados por otros autores, esto propició una baja coincidencia, que fue solventada con un nuevo mapa de días lluvia a partir del mapa de meses secos.

El mapa de asociaciones de zonas de vida presenta coincidencia con el mapa de zonificación agroecológica para café; de ello se deduce que el café tiene alto potencial en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano, siempre que sean zonales o con bosques semidecíduos. El bosque húmedo Premontano, podría tener un potencial, pero habría que correr el análisis ajustando las limitaciones encontradas en el presente estudio.

Los factores limitantes definidos por los autores Sánchez y Bonilla (1988) para zonificar el cultivo de cacao reduce el área potencial a un 11%. La relación de estos factores limitantes con las asociaciones de zonas de vida determina que el cultivo tiene alto potencial solamente en aquellas asociaciones que son zonales.

Además, las zonas de vida en donde tiene mayor coincidencia son el bosque húmedo Tropical y el bosque muy húmedo Tropical y las transiciones de húmedo Tropical a Premontano y de muy húmedo Tropical a Premontano.

Es necesario hacer una revisión de los mapas de las variables biofísicas que determinan las asociaciones de zonas de vida según la metodología propuesta en el presente estudio, con el fin de verificar la validez de los mismos. Igualmente, es necesario hacer una comparación de campo del mapa de asociaciones de zonas de vida y con los cultivos de café y cacao para obtener su validación.

El estudio determinó que efectivamente existe una relación entre las asociaciones de zonas de vida y las variables utilizadas por los autores de los mapas agroecológicos para café y cacao; por lo tanto, el sistema de zonas de vida, aplicado a nivel de asociación, puede ser una herramienta práctica para la zonificación agroecológica; siempre y cuando se puedan resolver las limitaciones encontradas en el presente estudio.



## Bibliografía

Acosta V.; R; Cleves, R. 1964. Tipos de Café de Costa Rica: formaciones ecológicas que los producen. San José, CR, Oficina del Café. 19 p.

Aguilar, G.J. 1995. Zonificación del cultivo de café en Costa Rica; parámetros de clasificación. Noticiero del Café (Costa Rica). Jul-Ago 1995.

Alpizar, E; Rodríguez, E; Vásquez, A. 1998. Mapa de tipos de bosque de Costa Rica: Versión preliminar sin comprobación de campo. Informe técnico N°1. Proyecto “Estudios de cambio climático en Costa Rica” Componente: Vulnerabilidad de bosques ante el cambio climático. San José, CR: Instituto Meteorológico Nacional. 36 p.

Alpizar, E; Campos, M; Castro, G; Echeverría, J; G, Elizondo, L.H; Jiménez, Q; Rodríguez, E; Solórzano, R; Watson, V; Vásquez A. 1999. Vulnerabilidad de los bosques de Costa Rica ante el cambio climático. Periodo de predicción 1999-2030. San José, CR, Instituto Meteorológico Nacional. 57 páginas.

Alpizar, E; Álvarez, H. 2007. Estimación de carbono en fincas agroforestales de café de Volcafé/Volagro S.A. Informe final de consultoría. San José, CR. Rainforest Alliance. 29 p.

Arroyo, L; Ugalde, M; Araya, E.J. 2003. Zonificación agroecológica (ZAE) de 15 cultivos prioritarios de la región Huetar Atlántica de Costa Rica. Sus resultados y metodología a escala 1:50.000. San José, CR, INTA-MAG.

Barrantes, J., Liao, A. y Rosales, A. 1985. Atlas climatológico de Costa Rica. San José, CR, MAG/IMN. 19 mapas.

BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica) y Catie (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1982. Informe de la situación actual,

perspectivas del cultivo e industrialización del cacao en Centroamérica. Turrialba, CR, BCIE-Catie. 342 p.

Consultado 30 ene. 2013. Disponible en

[http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19\\_BCIE\\_Cacao\\_CATIE\\_1982.pdf](http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_BCIE_Cacao_CATIE_1982.pdf)

Bolaños, R. 1994. Guía para aprender a distinguir zonas de vida y asociaciones a nivel de campo. San José, CR, Centro Científico Tropical. 18 p.

Bolaños, R. y Watson, V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical. 9 mapas.

CCT (Centro Científico Tropical). 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, CR, CCT. 75 p.

CIA ( Centro de Investigaciones Agronómicas). 2014. Mapa digital de suelos. San José, CR, Consultado el 3 de mayo del 2014. Disponible en [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr) , pestaña de "Áreas del CIA".

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2012. Predecir el impacto del cambio climático sobre las áreas de cultivo de cacao en Nicaragua. Managua, NI, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Consultado 4 ago. 2013.

Disponible

en

<https://masrenace.wikispaces.com/file/view/Predecir%20el%20impacto%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico%20sobre%20las%20%C3%A1reas%20de%20cultivo%20de%20cacao%20en%20Nicaragua,%202012.pdf/435611400/Predecir%20el%20impacto%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico%20sobre%20las%20%C3%A1reas%20de%20cultivo%20de%20cacao%20en%20Nicaragua,%202012.pdf>

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2012. Escenario del impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en Guatemala. Managua, NI, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 41 p. Consultado 29 jul. 2013.

Disponible en <http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/03/Informe-Nicaragua-final.pdf>

Cruz, D. 1991. Sistema de cultivo y compatibilidad del cacao en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 112 p. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1374E/A1374E.PDF>

Cruz, E. 2012. Caracterización de la cadena de valor de cacao en El Salvador. San Salvador, SV, Centa-MAG. 71 p. Consultado 22 jul. 2013. Disponible en [http://www.iica.int/Esp/regiones/central/salvador/Documents/Documentos%20PAF/caracterizacion\\_cadena\\_cacao.pdf](http://www.iica.int/Esp/regiones/central/salvador/Documents/Documentos%20PAF/caracterizacion_cadena_cacao.pdf).

Delgado, L. 2007. Agrocadena de café sostenible. Puriscal, CR, Dirección Regional Central Sur, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 98 p. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00065.pdf>

Ecotec (Consultoría Ecológica y Técnica de Costa Rica S.A). 2009. Diagnóstico biofísico para Costa Rica. San José, CR, IMN-MINAE. 182 p. Consultado 15 ene, 2013. Disponible en <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/diagnostico-biofisico-costarica>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1997. Zonificación agro – ecológica: Guía general. Boletín de suelos de la FAO N°73. Roma, IT, FAO. 86 p. Consultado 24 jul. 2013.

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>.

Foster, L; Campbel, L; Fuentes, L.A; Benavides, C; Zamora, R. 2007. Agrocadena de cacao en la región Huetar Atlántica. Limón, CR. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 59 p. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://www.mag.go.cr/regionales/rha/cacao.pdf>

Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. San José, CR. Volumen 2. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. 118 p.

Holdridge, L. 1987. Ecología, basada en zonas de vida. San José, C R, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 216 p.

Gómez, L.D. 1986. Vegetación de Costa Rica. San José, CR, Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. 327 p.

Icafé (Instituto del Café de Costa Rica), Cicafé (Centro de Investigaciones en Café). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café, 1a edición. Heredia, CR, Icafé, Cicafé 72 p. Consultado 29 jul. 2013. Disponible en <http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>

Icafé en línea. Consultado 29 29 jul. 2013. Disponible en: <http://www.icafe.go.cr>

IMN (Instituto Meteorológico Nacional), CRRH (Comité Regional de Recursos Hídrico). 2008. Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. Segunda Comunicación Nacional. Cambio Climático. San José, CR, MINAET/IMN/PNUD/CRRH. 75 p. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/clima-variabilidad-y-cambio-climatico>

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos); Icafé (Instituto del Café de Costa Rica). 2007. Censo cafetalero. Turrialba y Coto Brus 2003, Valle Central y Valle Central Occidental 2004, y Pérez Zeledón, Tarrazú y Zona Norte 2006. Principales Resultados. San José, CR, INEC-Icafé. 321 p. Consultado 21 jul. 2013. Disponible en [http://www.icafe.go.cr/sector\\_cafetalero/tram\\_linea/censo.pdf](http://www.icafe.go.cr/sector_cafetalero/tram_linea/censo.pdf)

ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2008. Atlas Digital de Costa Rica 2008 . (CD-ROM. Cartago, CR, ITCR. 1 CD-ROM.

Janzen, D. 1991. Historia natural de Costa Rica. San José, CR, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 839 p.

MacLeod, P. 1996. Auge y estancamiento de la producción de cacao en Costa Rica, 1660-95. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 22(1): 83-107. San José, CR, UCR. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en [www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/download/3155/3062](http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/download/3155/3062)

Mora, N. 2008. Agrocadena de café. San José, CR, Dirección Regional Huetar Norte, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.pdf>

Morera, J; Cortés, V; Zúñiga, W. 2009. Cacao. Alternativa productiva para la vertiente pacífica. Crisol. Suplemento de ciencia y tecnología, N°222, marzo 2009. Consultado 3 ago. 2013. Disponible en <http://www.odi.ucr.ac.cr/medios/documentos/suplemento-crisol/Crisol222.pdf>

Nadurille, E. 2010. Cacao. Cadena de valor de Costa Rica. San José, CR, IICA-CATIE. 25 p. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en <http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/bitstream/123456789/77/1/Cacao%20Cadena%20de%20valor....pdf>

Oficina del Café. 1964. Extensión y producción de café de Costa Rica: por tipos, provincias y cantones (en manzanas y fanegas). San José, CR, Oficina del Café. 11 p.

Ordaz, J.L; Ramírez, D; Mora, J; Acosta, A; Serna, B. 2010. Costa Rica. Efectos del cambio climático sobre la agricultura. D.F. MX. CEPAL. 76 p. Consultado 01 feb. 2013. Disponible en <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/2/37832/P37832.xml&xsl=/mexico/tpl/p9f.xsl&base=/mexico/tpl/top-bottom.xslt>

Peralta, R. 1985. Mapificación detallada de zonas de vida y descripción general de unidades homogéneas en el área de estudio en Costa Rica. Proyecto de investigación

sobre dinámica de los bosques de bosques tropicales por medio de sensores remotos de la NASA. San José, CR, Centro Científico Tropical. 41 p.

ProDeSoc (Programa para el Desarrollo Rural Sostenible del Municipio de El Castillo). 2006. Cultivo del cacao en sistemas agroforestales. Guía técnica para promotores. Río San Juan, NI, ProDeSoc. 67 p. Consultado 30 jul. 2013. Disponible en [http://www.iica.int.ni/Estudios\\_PDF/Guia\\_Cacao\\_Para\\_Promotores.pdf](http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)

Rodríguez, A; Saborío, L. 1983. Evaluación indirecta de los recursos hídricos de una cuenca. Modelo de precipitación – escorrentía. San José, CR, Instituto Costarricense de Electricidad. 37 p.

Rojas, O. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. Turrialba, CR, IICA. 83 p.

Sánchez, O; Bonilla, A. 1988. Aspectos agroecológicos y zonificación del cultivo de cacao. San José, CR, Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. 28 p.

Sánchez, O. s.f. Mapa de zonificación ecológica de cacao (mapa preliminar). 8 mapas escala 1:200.000. San José, CR, Programa de Zonificación Agropecuaria SEPSA-MIDEPLAN.

Soto, F; Hernández A; Vantour, A; Morales, M; Lopetegui, C.M; Hernández, O; Garea, E; Morales, D; Leyva, A; Bertolí, M; Moreno, I; Ramírez, A; Renda, A; Pérez, A. 2007. Zonificación Agroecológica de la cordillera de Guaniguanico. Revista Cultivos Tropicales, 2007, vol. 28, no. 1, p. 41-55. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, CU. Consultado 29 jul. 2013.

Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215858007.pdf>

Stadmüller, T. 1986. Los bosques nublados en el trópico. Turrialba, CR, CATIE. 85 p.

Tosi, J; Echeverría, J; Watson, V. 1992. Potencial impact of climatic change on the productive capacity of Costa Rica rain forest: a case study. San José, CR, CCT. 115 p.

Tosi, J. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. Escala 1:750.000. San José, CR, Centro Científico Tropical.

Vázquez, A. 1989. Cartografía y clasificación de suelos de Costa Rica. Proyecto "Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas", GCP/COS/009/ITA. San José, CR. FAO.

Vásquez, A. 1998. Aptitud y limitaciones de los suelos de Costa Rica para distintos tipos de vegetación. San José, CR, Instituto Meteorológico Nacional. 16 p.

Villalobos, R; Retana, J. 1999. Evaluación del impacto climático sobre la producción agrícola de Costa Rica. Estudio de caso: café. San José, CR, Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional. 14 p. Consultado 29 jul. 2013. Disponible en [http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/vulnerabilidad\\_en\\_cafe.pdf](http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/vulnerabilidad_en_cafe.pdf)

Watson, V. 1999. El sistema de zonas de vida. Revista Biocenosis 13 (1/2). Año 1999.

## **Anexo 1**

**Mapas utilizados y generados en el presente estudio**



Tipo de mapa	Nombre del mapa	Fuente	Acción
Básico	Mapa base de Costa Rica	Atlas digital ITCR, 2008	El mapa de distritos de Costa Rica se consideró que tenía un buen detalle del contorno de costas del país, además de las islas. Todos los mapas se elaboraron con esta base para uniformar el cruce de capas y evitar polígonos vacíos
Básico	Precipitación	Atlas climatológico IMN, 1985	Digitalizado
Básico	Clima	Clima de Costa Rica, Herrera, 1985	Se digitalizó el mapa de Clima de Herrera (1985) a escala 1:250.000, el cual contaba con 6 mapas.
Básico	Curvas de nivel	Curvas nivel IGN	Se convirtió el mapa de curvas de nivel en formato líneas a formato polígonos. Luego se detectó que dicho mapa se había generalizado y no aparecían polígonos de menos de 100 ha, lo que significó digitalizar cerca de 3000 polígonos.
Básico	Vertientes	Curvas nivel IGN	Se digitalizó la divisoria de aguas continental
Básico	Brillo solar	Atlas climatológico IMN, 1985	Digitalizado
Básico	Latitud	Atlas digital ITCR, 2008	Al mapa base de Costa Rica se le trazaron líneas latitudinales cada 0,5°
Básico	Relieve clases	Suelos de Costa Rica, Vásquez, 1989	Se utilizó el mapa de suelos de Alexis Vásquez(1989), por tener clases de relieve. Se hizo un “dissolve” para simplificarlo.
Básico	Suelos	Mapa de suelos de Costa Rica, CIA/UCR	Se hizo un afinamiento con algunos polígonos defectuosos
Procesos	Temperatura altitud	Elaborado por el presente estudio	Con el mapa de curvas de nivel a 100 metros se generó el mapa de temperatura por gradiente térmica. Se analizaron cinco estudios y se determinó que la propuesta de Herrera (1985) era la de mejor ajuste, que definía valores de temperatura en dos vertientes.

<b>Tipo de mapa</b>	<b>Nombre del mapa</b>	<b>Fuente</b>	<b>Acción</b>
Procesos	Meses secos	Elaborado por el presente estudio	Se realizó una reclasificación por meses secos del mapa de clima de Herrera (1985)
VARIABLES	Biotemperatura	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de temperatura por gradiente térmica e incorporando la latitud, cada medio grado y utilizando la fórmula de biotemperatura desarrollada por Holdridge (1987)
VARIABLES	Precipitación, isoyetas 100 mm	Elaborado por el presente estudio	Se rasterizó el mapa de isoyetas del IMN (1985), que tenía rangos de hasta 1000 mm, para desagregarlo a isolíneas cada 100 mm, para ello el mapa se tuvo que "rasterizar" y reclasificarlo y convertirlos a polígonos vectoriales.
VARIABLES	Suelos limitantes	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de suelos y relieve y reclasificándolo según el estudio de Alexis Vásquez (1998) como mapa de suelos limitantes. Hubo una dificultad, puesto que el mapa nuevo de suelos de Costa Rica del CIA (2014), no incluye clases de relieve y tuvo que utilizarse del mapa de Alexis Vásquez, con el problema que este mapa, disponible en los Atlas digitales del 2004 y 2008 tenían un desplazamiento. Además, fue necesario reclasificar los subórdenes, dado que el nuevo mapa no incluye el Gran Grupo
VARIABLES	Asociación atmosférica	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir de una matriz de clasificación de bosques deciduos y nubosos, y reclasificando los mapas de suelos limitantes de Alexis Vásquez (1998), meses secos y Zonas de vida.
VARIABLES	Días lluvia café	Oscar Rojas, 1987	Digitalizado
VARIABLES	Producción potencial café	Oscar Rojas, 1987	Digitalizado

Tipo de mapa	Nombre del mapa	Fuente	Acción
Variables	Suelos café	Elaborado por el presente estudio	Se asignaron a los subórdenes del mapa de suelos del CIA/UCR (2014), la clasificación dada por Oscar Rojas. Un problema es que la nomenclatura cambió, y la clasificación de Rojas (1987) era a nivel de Gran Grupo y el actual es a nivel de Sub Orden.
Variables	Temperatura cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de temperatura por gradiente térmica y utilizando los rangos definidos por Sánchez y Bonilla (1988)
Variables	Precipitación cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de precipitación IMN 1985, interpolado a isoyetas de 100 mm, y utilizando los rangos definidos por Sánchez y Bonilla (1988)
Variables	Brillo solar cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de brillo solar del IMN, (1985) y utilizando los rangos definidos por Sánchez y Bonilla (1988)
Variables	Meses secos cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa clima de Wilberth Herrera (1985) y ajustado a los rangos definidos por Sánchez y Bonilla (1988).
Variables	Suelos cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa Suelos del CIA/UCR (2014) y ajustado a los rangos definidos por Sanchez y Bonilla (1988). Se utilizó el mapa de suelos limitantes para clasificar los suelos no aptos y los suelos aptos y moderados se determinaron analizando el potencial productivo de cada suborden de suelos.

Tipo de mapa	Nombre del mapa	Fuente	Acción
Variables	Relieve cacao	Elaborado por el presente estudio	Se generó a partir del mapa de relieve, basado en el mapa de suelos de Vásquez (1989) y ajustado con el nuevo mapa de Suelos de Costa Rica, CIA (2014) y las clases sugeridas por Sánchez y Bonilla (1988). Como base al mapa de limitantes de suelos, fue necesario ajustar el mapa de relieve con el mapa nuevo de suelos CIA, dado que el mapa de relieve (suelos de Vásquez) tenía un desplazamiento. El nuevo mapa de suelos del CIA tiene polígonos separados, que dificultan al momento de hacer cruces de capas. Fue necesario ajustarlo.
Oficiales	Zonificación agroecológica del café	Oscar Rojas, 1987	Digitalizado
Oficiales	Zonificación agroecológica del cacao	Sánchez y Bonilla	Digitalizado
Oficiales	Zonas de vida	Atlas digital ITCR, 2008	Se utilizó el mapa de zonas de vida de Bolaños y Watson (1993) en versión digital del Atlas Digital (ITCR 2008).
Procesos	Zona de vida con datos	Elaborado por el presente estudio	Se cruzaron los mapas de precipitación y biotemperatura. Se clasificó según el diagrama de zonas de vida. Hubo una dificultad con las transiciones. Se hizo un “dissolve” para simplificarlo.
Procesos	Zonificación cacao datos	Elaborado por el presente estudio	Se cruzaron seis mapas: temperatura, precipitación, brillo solar, suelos, relieve y meses secos, los cuales fueron reclasificados, según criterio de Sánchez y Bonilla (1988)
Procesos	Zonificación café datos	Elaborado por el presente estudio	Se cruzaron tres mapas: días lluvia, producción potencial y suelos, los cuales fueron reclasificados según criterio de Oscar Rojas (1987).

## Anexo 2

### Nomenclatura y codificación adoptada para las asociaciones de zonas de vida

Las zonas de vida fueron codificadas con una **b** para el término bosque y una letra minúscula para la condición de humedad, así: **s** para seco, **h** para húmedo, **mh** para muy húmedo y **p** para pluvial. Los pisos altitudinales son separados con un guión y puestos en mayúscula que significan **T** para Tropical, **P** para Premontano, **MB** para Montano Bajo, **M** para Montano.

Las transiciones se indican con los línea inclinada /.

Con respecto a las condiciones, estas fueron condificadas con una letra minúscula entre paréntesis, luego del código de zona de vida; así **(n)** para nuboso, **(d)** para deciduo, **(sd)** para semideciduo, **(ar)** para arenoso, **(r )** para ralo, **(b)** para bajo, **(l)** para ladera, **(i)** para inundable y **(a)** para anegado.

Por ejemplo: **bmh-T (a)** es bosque muy húmedo Tropical anegado.

Código	Término
<b>z</b>	Zonal
<b>n</b>	Nuboso
<b>s</b>	Deciduo
<b>sd</b>	Semideciduo
<b>ar</b>	Arenoso
<b>r</b>	Ralo
<b>b</b>	Bajo
<b>l</b>	Ladera
<b>i</b>	Inundable
<b>a</b>	Anegado

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo
bh-MB/mh	Bosque húmedo Montano bajo, transición a muy húmedo
bh-P	Bosque húmedo Premontano
bh-P/mh	Bosque húmedo Premontano, transición a muy húmedo
bh-P/T	Bosque húmedo Premontano transición a Tropical
bh-T	Bosque húmedo Tropical
bh-T/mh	Bosque húmedo Tropical transición a muy húmedo
bh-T/P	Bosque húmedo Tropical transición a Premontano
bmh-M	Bosque muy húmedo Montano
bmh-M/p	Bosque muy húmedo Montano, transición a pluvial
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo
bmh-MB/h	Bosque muy húmedo Montano Bajo, transición a húmedo
bmh-MB/M	Bosque muy húmedo Montano Bajo, transición a Montano
bmh-MB/p	Bosque muy húmedo Montano Bajo, transición a pluvial
bmh-P	Bosque muy húmedo Premontano
bmh-P/h	Bosque muy húmedo Premontano, transición a húmedo
bmh-P/p	Bosque muy húmedo Premontano, transición a pluvial
bmh-P/T	Bosque muy húmedo Premontano, transición a Tropical
bmh-T	Bosque muy húmedo Tropical
bmh-T/P	Bosque muy húmedo Tropical, transición a Premontano
bp-M	Bosque pluvial Montano
bp-M/MB	Bosque pluvial Montano, transición a Montano Bajo
bp-M/mh	Bosque pluvial Montano, transición a muy húmedo
bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo
bp-MB/M	Bosque pluvial Montano Bajo, transición a Montano
bp-MB/mh	Bosque pluvial Montano Bajo, transición a muy húmedo
bp-P	Bosque pluvial Premontano
bp-P/mh	Bosque pluvial Premontano, transición a muy húmedo
bs-T	Bosque seco Tropical
bs-T/h	Bosque seco Tropical, transición a húmedo

## **Anexo 3**

**Comparación de asociaciones de zonas de vida con clases productivas de café**

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	Total	Total general	Extensión (ha)	Potencial asignado
Porcentaje											
bh-P/mh	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	2	alto
bh-P/mh	l-sd	0.0	28.1	15.6	0.0	43.8	12.4	100.0	0.399	20374	alto
bh-P/mh	sd	0.0	79.3	20.7	0.0	0.0	0.0	100.0	0.023	1188	alto
bmh-P	z	0.0	53.8	9.4	2.0	16.5	18.3	100.0	1.213	61933	alto
bmh-P/h	z	0.0	7.0	1.0	60.4	5.1	26.5	100.0	0.091	4651	alto
bs-T/h	d	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	92.7	100.0	0.096	4912	bajo
bh-T/P	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.036	1847	bajo
bmh-P/T	l	0.0	4.3	1.3	0.0	8.7	85.7	100.0	2.028	103547	bajo
bh-MB	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.009	451	bajo
bmh-MB	l-n	0.0	0.0	0.2	1.0	3.1	95.7	100.0	2.050	104685	bajo
bmh-P/p	l-n	0.0	0.0	0.0	3.1	17.7	79.2	100.0	0.963	49186	bajo
bh-MB	l-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.670	34198	bajo
bh-T	l-sd	0.0	1.3	1.6	0.1	7.1	89.9	100.0	0.031	1579	bajo
bh-T/P	l-sd	0.0	5.8	2.6	2.7	42.7	46.2	100.0	0.001	56	bajo
bp-P/mh	n	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	83.0	100.0	0.266	13605	bajo
bh-MB	sd	0.0	70.1	29.9	0.0	0.0	0.0	100.0	0.044	2259	bajo
bh-MB/mh	sd	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.000	19	bajo
bh-P/T	sd	0.0	1.6	10.9	0.0	0.0	87.5	100.0	1.682	85883	bajo
bh-T	sd	0.0	5.0	11.7	0.0	0.0	83.3	100.0	2.326	118786	bajo
bh-P/T	z	0.0	0.0	0.0	3.3	9.1	87.7	100.0	0.359	18319	bajo
bh-T	z	0.0	0.0	0.0	2.3	12.1	85.6	100.0	4.546	232125	bajo
bmh-P/T	z	0.0	1.4	0.8	0.3	3.8	93.7	100.0	17.705	904080	bajo
bh-P	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.005	254	moderado
bmh-P	l	0.0	12.5	0.9	0.0	50.1	36.4	100.0	0.745	38022	moderado
bmh-P	l-n	0.0	0.0	0.0	1.6	22.0	76.4	100.0	6.378	325696	moderado
bh-P	l-sd	0.0	4.9	5.7	1.3	8.3	79.8	100.0	0.044	2246	moderado
bh-MB	n	0.0	0.0	0.0	48.6	38.1	13.3	100.0	0.086	4394	moderado
bh-MB/mh	n	0.0	0.0	0.0	44.3	0.0	55.7	100.0	0.004	218	moderado
bmh-MB	n	0.0	0.1	0.9	10.6	13.1	75.4	100.0	0.937	47844	moderado
bmh-MB/h	n	0.0	1.3	0.0	63.4	12.9	22.4	100.0	0.028	1429	moderado
bmh-P	n	0.0	0.0	0.0	11.2	24.2	64.6	100.0	7.185	366875	moderado
bmh-P/p	n	0.0	0.0	0.0	13.1	7.4	79.5	100.0	0.777	39672	moderado
bh-P	sd	0.0	10.8	10.1	0.0	0.0	79.1	100.0	2.964	151331	moderado
bh-T/P	sd	0.0	29.3	14.6	0.0	0.0	56.2	100.0	0.512	26139	moderado
bh-MB	z	0.0	0.0	0.0	50.0	2.1	47.9	100.0	0.019	953	moderado
bh-MB/mh	z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.001	38	moderado
bh-P	z	0.0	0.0	0.0	14.8	10.5	74.7	100.0	1.817	92809	moderado
bh-P/mh	z	0.0	0.0	0.0	32.1	7.0	60.9	100.0	0.089	4544	moderado
bh-T/P	z	0.0	0.0	0.0	13.7	28.9	57.4	100.0	1.680	85814	moderado
bmh-P/h	l	0.0	24.0	13.8	0.0	59.8	2.3	100.0	0.046	2333	moderado
bh-P	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.270	13810	nulo
bh-P/T	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.084	4306	nulo
bh-T	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.117	5952	nulo
bh-T/P	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.015	778	nulo
bmh-P/T	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	1.892	96619	nulo
bmh-T	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	2.402	122635	nulo
bmh-T/P	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.006	320	nulo



Zona de vida	Condición	0	1	2	3	4	5	Total	Total general	Extensión (ha)	Potencial asignado
Porcentaje											
bs-T	a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	23	nulo
bh-P/T	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	1	nulo
bh-T	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.196	9984	nulo
bmh-P	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	199	nulo
bmh-P/T	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.148	7562	nulo
bmh-T	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.347	17741	nulo
bmh-T/P	ar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.031	1590	nulo
bh-P/T	ar-d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	203	nulo
bh-T	ar-d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.009	478	nulo
bmh-P	ar-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.023	1192	nulo
bmh-P/p	ar-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.003	128	nulo
bp-P/mh	ar-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	4	nulo
bh-T	ar-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.007	378	nulo
bh-T/P	ar-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.008	402	nulo
bmh-P	ar-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.011	544	nulo
bmh-P/T	ar-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.002	89	nulo
bmh-T	ar-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.028	1454	nulo
bh-T	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	3	nulo
bh-T/P	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.013	666	nulo
bmh-P	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.171	8728	nulo
bmh-P/T	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.885	45208	nulo
bmh-T	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.633	32310	nulo
bmh-T/P	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.178	9078	nulo
bs-T	b-d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.147	7510	nulo
bs-T/h	b-d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.011	575	nulo
bmh-M	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	0	nulo
bmh-M/p	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	223	nulo
bmh-MB	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.031	1594	nulo
bmh-MB/M	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.003	164	nulo
bmh-MB/p	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.003	136	nulo
bmh-P	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.695	35515	nulo
bmh-P/p	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.128	6529	nulo
bp-M	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.384	19601	nulo
bp-M/MB	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.001	32	nulo
bp-M/mh	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	200	nulo
bp-MB	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.003	172	nulo
bp-P	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.001	31	nulo
bp-P/mh	b-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.020	1013	nulo
bh-P	b-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	1.992	101728	nulo
bh-P/T	b-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	2.653	135457	nulo
bh-T	b-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.773	39494	nulo
bh-T/mh	b-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.002	107	nulo
bh-T/P	b-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.109	5571	nulo
bh-P	i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.043	2198	nulo
bh-P/T	i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	14	nulo
bh-T	i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.060	3084	nulo
bmh-P/T	i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.862	44021	nulo

Zona de vida	Condición	0	1	2	3	4	5	Total	Total general	Extensión (ha)	Potencial asignado
bmh-T	i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.533	27205	nulo
bh-T	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.048	2432	nulo
bh-T/mh	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	225	nulo
bmh-T	l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	99.9	100.0	0.531	27127	nulo
bmh-T/P	l	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	98.5	100.0	0.886	45241	nulo
bs-T/h	l-d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	18	nulo
bh-P	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.001	37	nulo
bmh-MB/M	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.014	734	nulo
bmh-MB/p	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.637	32523	nulo
bmh-P/h	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.009	455	nulo
bp-M	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.677	34576	nulo
bp-M/MB	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.834	42566	nulo
bp-M/mh	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	200	nulo
bp-MB	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	1.213	61931	nulo
bp-MB/M	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.007	370	nulo
bp-MB/mh	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.109	5555	nulo
bp-P	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	97.0	100.0	1.069	54583	nulo
bp-P/mh	l-n	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	96.6	100.0	0.830	42364	nulo
bh-P/T	l-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	3.335	170301	nulo
bh-T/mh	l-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	1.280	65356	nulo
bh-P	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.075	3806	nulo
bh-P/mh	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.012	599	nulo
bmh-M	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.002	77	nulo
bmh-M/p	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	226	nulo
bmh-MB/M	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.023	1153	nulo
bmh-MB/p	n	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	99.9	100.0	0.085	4357	nulo
bmh-P/h	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.064	3262	nulo
bp-M	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.051	2622	nulo
bp-M/MB	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.141	7179	nulo
bp-M/mh	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.004	211	nulo
bp-MB	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.071	3646	nulo
bp-MB/M	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.001	30	nulo
bp-MB/mh	n	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.014	701	nulo
bp-P	n	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	95.9	100.0	0.080	4099	nulo
bh-P	r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.367	18733	nulo
bh-P/T	r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	5	nulo
bh-T	r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	7	nulo
bh-T/P	r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.000	21	nulo
bh-P	r-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	1.021	52159	nulo
bh-P/T	r-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.062	3191	nulo
bh-T	r-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.030	1540	nulo
bh-T/P	r-sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.062	3146	nulo
bh-T/mh	sd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.076	3882	nulo
bh-T/mh	z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	99.7	100.0	0.136	6925	nulo
bmh-T	z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	10.971	560228	nulo
bmh-T/P	z	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	98.5	100.0	1.352	69059	nulo
(en blanco)		17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	82.5	100.0	0.003	165	
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>	<b>7.3</b>	<b>87.4</b>	<b>100.0</b>	<b>100.000</b>	<b>5106473</b>	

## **Anexo 4**

**Comparación de asociaciones de zonas de vida con clases productivas de cacao**

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
Porcentaje															
bh-P/T	<b>z</b>	0	0	0	0	0.8	4.5	0	94.7	100	0.359	18319		Alto	1
bh-T	<b>z</b>	0	8.4	0.8	7.7	0.1	18.8	0	64.2	100	4.551	232125		Alto	1
bh-T/mh	<b>z</b>	0	0	0	0.7	0	12.3	0	87	100	0.136	6925		Alto	1
bmh-P/T	<b>z</b>	0	0.4	7.1	24.7	22.4	12.7	3.7	29.1	100	17.724	904101		Alto	1
bmh-T	<b>z</b>	0	0	10.7	28.7	10.8	26.9	7	16	100	10.983	560228		Alto	1
bh-P	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.811	92365	Piso	Moderado	2
bh-P/mh	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.089	4544	Piso	Moderado	2
bh-P/T	<b>ar</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	1	ar	Moderado	2
bh-P/T	<b>i</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	14	i	Moderado	2
bh-P/T	<b>r</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	5	r	Moderado	2
bh-P/T	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.684	85883	sd	Moderado	2
bh-T	<b>ar</b>	0	0	98.4	0	0	1.6	0	0	100	0.196	9984	ar	Moderado	2
bh-T	<b>b</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	3	b	Moderado	2
bh-T	<b>i</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0.06	3084	i	Moderado	2
bh-T	<b>r</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	7	r	Moderado	2
bh-T	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	2.329	118786	sd	Moderado	2
bh-T/mh	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.076	3882	sd	Moderado	2
bh-T/P	<b>z</b>	0	0	0.7	0.3	2.1	10	1.8	85	100	1.682	85814	Piso	Moderado	2
bmh-P	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.214	61933	Piso	Moderado	2
bmh-P/h	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.091	4651	Piso	Moderado	2
bmh-P/T	<b>ar</b>	0	0	0.3	0	1	80.5	0	18.2	100	0.148	7562	ar	Moderado	2
bmh-P/T	<b>b</b>	0	0	0	0	0	32.8	0	67.2	100	0.886	45208	b	Moderado	2
bmh-P/T	<b>i</b>	0	0	0	0	0	88.1	0	11.9	100	0.863	44021	i	Moderado	2
bmh-T	<b>ar</b>	0	0	0	0	1.9	61.8	0	36.3	100	0.348	17741	ar	Moderado	2
bmh-T	<b>b</b>	0	0	0	0	0	94.4	0	5.6	100	0.633	32310	b	Moderado	2
bmh-T	<b>i</b>	0	0	0	0	0	62.7	0	37.3	100	0.533	27205	i	Moderado	2

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
Porcentaje															
bmh-T/P	<b>z</b>	0	0	0	0	0.1	32	7.5	60.4	100	1.354	69059	Piso	Moderado	2
bh-P	<b>i</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.043	2198	Piso i	Moderado	3
bh-P	<b>r</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.367	18733	Piso r	Moderado	3
bh-P	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	2.967	151331	Piso sd	Moderado	3
bh-P/mh	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.023	1188	Piso sd	Moderado	3
bh-P/T	<b>b-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	2.655	135457	d sd	Moderado	3
bh-P/T	<b>r-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.063	3191	r sd	Moderado	3
bh-T	<b>ar-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.007	378	ar sd	Moderado	3
bh-T	<b>b-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.774	39494	b-sd	Moderado	3
bh-T	<b>r-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.03	1540	r sd	Moderado	3
bh-T/mh	<b>b-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.002	107	b sd	Moderado	3
bh-T/P	<b>b</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.013	666	Piso b	Moderado	3
bh-T/P	<b>r</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	21	Piso r	Moderado	3
bh-T/P	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.512	26139	Piso sd	Moderado	3
bmh-P	<b>ar</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	199	Piso ar	Moderado	3
bmh-P	<b>b</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.171	8728	Piso b	Moderado	3
bmh-P/T	<b>ar-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.002	89	ar sd	Moderado	3
bmh-T	<b>ar-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.028	1454	ar sd	Moderado	3
bmh-T/P	<b>ar</b>	0	0	0	0	0	89	2.3	8.7	100	0.031	1590	Piso ar	Moderado	3
bmh-T/P	<b>b</b>	0	0	0	0	0	82.1	0	17.9	100	0.178	9078	Piso b	Moderado	3
bh-P	<b>b-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.994	101728	Piso b sd	Moderado	4
bh-P	<b>r-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.023	52159	Piso r sd	Moderado	4
bh-T/P	<b>ar-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.008	402	Piso ar sd	Moderado	4
bh-T/P	<b>b-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.109	5571	Piso b sd	Moderado	4
bh-T/P	<b>r-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.062	3146	Piso r sd	Moderado	4
bmh-P	<b>ar-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.011	544	Piso ar sd	Moderado	4
bmh-P	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	12.4	0	87.6	100	0.696	35515	Piso b n	Moderado	4
bh-MB	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.009	451	Piso l n	Sin potencial	5

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
Porcentaje															
bh-MB	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	56	Piso l sd	Sin potencial	5
bh-MB	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.086	4394	Piso n	Sin potencial	5
bh-MB	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.044	2259	Piso sd	Sin potencial	5
bh-MB	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.019	953	Piso	Sin potencial	5
bh-MB/mh	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	218	Piso n	Sin potencial	5
bh-MB/mh	<b>sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	19	Piso sd	Sin potencial	5
bh-MB/mh	<b>z</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	38	Piso	Sin potencial	5
bh-P	<b>a</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.271	13810	Piso a	Sin potencial	5
bh-P	<b>l</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.005	254	Piso l	Sin potencial	5
bh-P	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	37	Piso l n	Sin potencial	5
bh-P	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.638	32519	Piso l sd	Sin potencial	5
bh-P	<b>n</b>	0	0	0	0	1.1	52.1	0	46.8	100	0.075	3806	Piso n	Sin potencial	5
bh-P/mh	<b>l</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	2	Piso l	Sin potencial	5
bh-P/mh	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.044	2246	Piso l sd	Sin potencial	5
bh-P/mh	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.012	599	Piso n	Sin potencial	5
bh-P/T	<b>a</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.084	4306	a	Sin potencial	5
bh-P/T	<b>ar-d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	203	ar d	Sin potencial	5
bh-P/T	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.399	20374	l sd	Sin potencial	5
bh-T	<b>a</b>	0	0	0	0	0	78.5	0	21.5	100	0.117	5952	a	Sin potencial	5
bh-T	<b>ar-d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.009	478	ar d	Sin potencial	5
bh-T	<b>l</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0.048	2432	l	Sin potencial	5
bh-T	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	2.5	0	97.5	100	3.273	166974	l sd	Sin potencial	5
bh-T/mh	<b>l</b>	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0.004	225	l	Sin potencial	5
bh-T/mh	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	2.2	0	97.8	100	0.031	1579	l sd	Sin potencial	5
bh-T/P	<b>a</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.015	778	Piso a	Sin potencial	5
bh-T/P	<b>l</b>	0	0	0	0	0	84.7	0	15.3	100	0.036	1847	Piso l	Sin potencial	5

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
Porcentaje															
bh-T/P	<b>l-sd</b>	0	0	0	0	0	3.5	0	96.5	100	1.281	65356	Piso l sd	Sin potencial	5
bmh-M	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	Piso b n	Sin potencial	5
bmh-M	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.002	77	Piso n	Sin potencial	5
bmh-M/p	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	223	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bmh-M/p	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	226	Piso humedad n	Sin potencial	5
bmh-MB	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.031	1594	Piso b n	Sin potencial	5
bmh-MB	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	2.052	104685	Piso l n	Sin potencial	5
bmh-MB	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.938	47844	Piso n	Sin potencial	5
bmh-MB/h	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.028	1429	Piso n	Sin potencial	5
bmh-MB/M	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.003	164	Piso b n	Sin potencial	5
bmh-MB/M	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.014	734	Piso l n	Sin potencial	5
bmh-MB/M	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.023	1153	Piso n	Sin potencial	5
bmh-MB/M	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.003	136	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bmh-MB/p	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.638	32523	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bmh-MB/p	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.085	4357	Piso humedad n	Sin potencial	5
bmh-P	<b>ar-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.023	1192	Piso ar n	Sin potencial	5
bmh-P	<b>l</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.745	38022	Piso l	Sin potencial	5
bmh-P	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	11.8	0	88.2	100	6.385	325696	Piso l n	Sin potencial	5
bmh-P	<b>n</b>	0	0	0.2	0.2	0.5	18.5	5.6	74.9	100	7.192	366875	Piso n	Sin potencial	5
bmh-P/h	<b>l</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.046	2333	Piso l	Sin potencial	5
bmh-P/h	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.009	455	Piso l n	Sin potencial	5
bmh-P/h	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.064	3262	Piso n	Sin potencial	5
bmh-P/p	<b>ar-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.003	128	Piso humedad ar n	Sin potencial	5
bmh-P/p	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	34	0	66	100	0.128	6529	Piso humedad b n	Sin potencial	5

Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
Porcentaje															
bmh-P/p	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	7.4	0	92.6	100	0.964	49186	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bmh-P/p	<b>n</b>	0	0	0	0	1.1	11.2	7	80.8	100	0.778	39672	Piso humedad n	Sin potencial	5
bmh-P/T	<b>a</b>	0	0	0	0	0	76.7	0	23.3	100	1.895	96640	a	Sin potencial	5
bmh-P/T	<b>l</b>	0	0	0	0	0	21.7	0	78.3	100	2.03	103547	l	Sin potencial	5
bmh-T	<b>a</b>	0	0	0	0	0	62.3	0	37.7	100	2.404	122635	a	Sin potencial	5
bmh-T	<b>l</b>	0	0	0	0	0	59.4	0	40.6	100	0.532	27127	l	Sin potencial	5
bmh-T/P	<b>a</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.006	320	Piso a	Sin potencial	5
bmh-T/P	<b>l</b>	0	0	0	0	0	34	0	66	100	0.887	45241	Piso l	Sin potencial	5
bp-M	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.384	19601	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-M	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.678	34576	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-M	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.051	2622	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-M/MB	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	32	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-M/MB	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.834	42566	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-M/MB	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.141	7179	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-M/mh	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	200	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-M/mh	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	200	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-M/mh	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.004	211	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-MB	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.003	172	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-MB	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.214	61931	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-MB	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.071	3646	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-MB/M	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.007	370	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-MB/M	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	30	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-MB/mh	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.109	5555	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-MB/mh	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.014	701	Piso humedad n	Sin potencial	5
bp-P	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.001	31	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-P	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	1.07	54583	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-P	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.08	4099	Piso humedad n	Sin potencial	5



Zona de vida	Condición biofísica	0	1	2	3	4	5	6	7	Total	Total general	Extensión (ha)	Condición biofísica	Potencial asignado	Clase
<b>Porcentaje</b>															
bp-P/mh	<b>ar-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	4	Piso humedad ar n	Sin potencial	5
bp-P/mh	<b>b-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.02	1013	Piso humedad b n	Sin potencial	5
bp-P/mh	<b>l-n</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.831	42364	Piso humedad l n	Sin potencial	5
bp-P/mh	<b>n</b>	0	0	0	0	0	0.2	0	99.8	100	0.267	13605	Piso humedad n	Sin potencial	5
bs-T	<b>a</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	23	humedad a	Sin potencial	5
bs-T	<b>b-d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.147	7510	humedad d b	Sin potencial	5
bs-T/h	<b>b-d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.011	575	humedad b d	Sin potencial	5
bs-T/h	<b>d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0.096	4912	humedad d	Sin potencial	5
bs-T/h	<b>l-d</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	18	humedad l d	Sin potencial	5
(en blanco)															
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>9.7</b>	<b>2.7</b>	<b>7.9</b>	<b>5.3</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>65.7</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>5101065</b>			

