

SELECCIÓN DEL SITIO PARA
EL CULTIVO DE CACAO



“CAJA DE HERRAMIENTAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN DE CADMIO EN LA CADENA DE CACAO-ECUADOR”



sembramos
Futuro

Lenín



GUÍA 2

SELECCIÓN DEL SITIO PARA EL CULTIVO DE CACAO

Dirigida a: asesores, técnicos y agricultores.

AUTORES

Magdalena López-Ulloa¹; Ramón Jaimez²; Luis Orozco-Aguilar³

REVISIÓN PARES EXTERNOS

Laurence Maurice⁴; Eduardo Chávez⁵

¹ Cooperación Técnica Alemana, GIZ. Programas Cadenas de Valor. Consultora. Quito, Ecuador. maggielopez62@gmail.com

² Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. Portoviejo, Ecuador. ramon.jaimez@utm.edu.ec

³ Director de Investigación e Innovación del proyecto MOCCA-LWR. Oficinas: CATIE. Turrialba, Costa Rica. +5066434950. lororzcoaguilar@lwr.org; <https://mocca.org/>

⁴ Laboratoire Geosciences Environnement Toulouse (GET); Observatoire Midi-Pyrénées (OMP). 14 avenue Edouard Belin - 31400. Toulouse, France. laurence.maurice@ird.fr; <https://orcid.org/0000-0003-3482-3892>

⁵ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Facultad de Ciencias de la Vida. Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador. fchavez@espol.edu.ec

Coordinación general

República del Ecuador
Ministerio de Agricultura y Ganadería
Programa Nacional de Reactivación de Café y Cacao



Coordinación editorial

Magdalena López, Consultor Programas Cadena de Valor, GIZ;
Pedro Ramírez, GIZ;
José Luis Cueva Cango, MOCCA-Rikolto

Revisores internos

Andrés Proaño, MAG; Luis Herrera, MAG; Luis Orozco, MOCCA-LWR; Verónica Proaño, AVSF;
Ana Gabriela Velasteguí, CESA; Natalia Palomino, MOCCA-Rikolto; Luis Gualotuña, MAG

Fotografías

Pedro Ramírez, GIZ; Ana Gabriela Velasteguí, CESA; Roberto León, MAG

Corrección de estilo y diagramación editorial

Carla Bohórquez; Ricardo Bravo; Martín Quirola

Cita del documento

Versión digital:

López-Ulloa, M., Jaimez, R. & Orozco, L. (2021). Guía 2: Selección del sitio para el cultivo de cacao. *Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador* (1.ª ed., pp. 1-16). Quito, Ecuador. https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/

“La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Su contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente refleja los puntos de vista de los donantes”.

Copyright © 2021. Todos los derechos reservados. Este documento puede reproducirse para fines no comerciales citando la fuente.

ISBN: 978-9942-22-515-3





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONDICIONES CLIMÁTICAS, EDÁFICAS Y TOPOGRÁFICAS REQUERIDAS POR EL CULTIVO DE CACAO	3
2.1 ALTITUD	3
2.2 TEMPERATURA	3
2.3 LLUVIA	4
2.4 VIENTO	4
2.5 SUELO	4
3. INSTRUCTIVO PARA USO E INTERPRETACIÓN DEL MAPA AGROECOLÓGICO DE CACAO Y MAPA DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO	5
3.1 MAPA DE ZONIFICACIONES AGROECOLÓGICAS DE CACAO	5
3.2 MAPAS DE CADMIO EN ALMENDRA	9
4. ACTIVIDADES PREVIAS PARA SELECCIONAR UN SITIO PARA EL CULTIVO DE CACAO, CON MENOR RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO	12
5. EJERCICIO PARA SELECCIÓN DE SITIO AGROECOLÓGICAMENTE APTO Y CON BAJO RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE CADMIO PARA EL CULTIVO DE CACAO	13
OBJETIVO	13
PROCEDIMIENTO	14
6. REFERENCIAS	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Requerimientos agroecológicos para el cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), en el Ecuador Continental.</i>	7
---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de Zonificaciones Agroecológicas de Cacao. 1:250.000.</i>	7
Figura 2. <i>Mapa de contenidos de cadmio en las almendras de las zonas cacaoteras del Ecuador.</i>	10

1. Introducción

La planta de cacao tiene afinidad para absorber metales pesados, particularmente cadmio (Cd), que a pesar de encontrarse en pequeñas cantidades, tiene efectos perjudiciales para la salud de la población. Por este motivo es importante seleccionar sitios con bajas concentraciones de fuentes naturales y antrópicas de cadmio para cultivar cacao, ya sea bajo sombra (sistema agroforestal) o sin sombra (solo cacao). La selección del sitio para establecer el cacao es una decisión clave; se debe considerar las condiciones climáticas, topográficas y de suelo que garanticen una alta productividad y calidad en el grano. Esta guía da conocimientos generales a ser considerados por los asesores, técnicos y agricultores, antes de escoger un sitio para el establecimiento de una plantación de cacao, el mismo que debe tener el menor riesgo de absorción de cadmio por la planta de cacao y su acumulación en la almendra.



2. Condiciones climáticas, edáficas y topográficas requeridas por el cultivo de cacao

Theobroma cacao L. es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del Sur, y de acuerdo a Zarillo et al. (2018), es originario de las zonas fronterizas entre Ecuador y Perú.

Como todo cultivo, para alcanzar una buena productividad el cacao requiere de ciertas condiciones climáticas, edáficas y topográficas. Todas estas condiciones ambientales y edáficas se resumen a continuación (MAGAP, 2012; INIAP, 2014; FHIA, 2016).

2.1 Altitud

- Desde el nivel del mar hasta los 1200 m dependiendo de la latitud del sitio y temperatura. Se puede cultivar a mayor altitud a medida que se acerque a la línea Equinoccial o Ecuatorial de la Tierra.

2.2 Temperatura

- Rango óptimo entre 23 °C y 25 °C de promedio anual, variable que está relacionada con el desarrollo, floración y fructificación del cacao.
- Por debajo de los 21 °C se reduce el crecimiento, pocos rebrotes y casi no hay floración; el desarrollo y maduración de los frutos es más lento.
- Temperaturas bajas también son favorables para enfermedades como la mazorca negra.



2.3 Lluvia

- Rango óptimo entre 1500 – 2500 mm de lluvia por año (con no más de tres o cuatro meses sin lluvia).
- En zonas y épocas muy lluviosas generalmente aumentan las enfermedades fungosas, bacteriales y ataque de insectos.
- En zonas con sequía fuerte (más de cuatro meses secos) se retarda el crecimiento del árbol, se producen menos hojas, se caen las hojas y se producen menos frutos. Por tal razón, las plantas deberían ser regadas.

2.4 Viento

Mayores a 14 km h⁻¹

- Aumentan la pérdida excesiva de agua y caída prematura de las

hojas (defoliación). El cacao es muy sensible al viento, especialmente en sistemas de cultivo a cielo abierto.

2.5 Suelo

- Profundidad (1,0 a 1,5 m).
- Texturas medias: franco, franco-limoso, franco-arcilloso, evitar los suelos arenosos.
- Nivel freático (mayor a 1,5 m).
- Suelos con pH de 6 a 7; con un mínimo de 3 a 5% de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno de 9 como mínimo y altos contenidos de nutrientes.
- Libres de metales pesados u otros contaminantes.
- Pedregosidad (el suelo no debe presentar rocas grandes).
- Pendiente, 30% como máximo (significa que por cada 10 m de avance horizontal se suben 3 m).



3. Instructivo para uso e interpretación del mapa agroecológico de cacao y mapa de cadmio en almendras de cacao

3.1 Mapa de Zonificación Agroecológica de cacao

Para conocer si la localización del sitio donde se desea cultivar cacao en Ecuador cumple con las características de aptitud bajo manejo en condiciones naturales (es decir, sin apoyo en tecnologías como riego, nutrición suplementaria, conservación de suelos, establecimiento de drenajes, enmiendas de suelo, entre otros), se recomienda el uso del Mapa de “Zonificación agroecológica de cacao 1:250.000” desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el año 2014 (Figura 1). Este mapa presenta cuatro clases de aptitud: 1) óptima, 2) moderada, 3) marginal y 4) no apta de acuerdo a condiciones climáticas, edáficas y de requerimientos del cultivo. Para su utilización se debe:

- 1.- Disponer de las coordenadas en Universal Transverse Mercator (UTM), tomadas en campo o datos de coordenadas obtenidos a través de Google Maps u otro aplicativo.
- 2.- Entrar en la página web <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- 3.- Abrir la segunda ventana superior izquierda “Temáticas” del geoportal.
- 4.- Seleccionar “Zonificaciones agroecológicas”, desplegar y buscar “Zonificaciones agroecológicas de cacao 1:250.000”, dar clic y visualizar el mapa de Zonificación agroecológica de cacao.

5.- En el visor geográfico (mapa desplegado), en la parte superior ir a coordenadas y dar clic; en la ventana que se abre “Coordenadas” escoger las coordenadas que apliquen a su zona. Ejemplo:

- WGS84/UTM ZONA 17N para Ecuador continental, si el sitio está ubicado sobre la línea Ecuatorial (norte) y al oeste (izquierda) del meridiano de longitud 80°. Ejemplo: región Costa y Sierra Norte: Esmeraldas, Carchi, entre otros.
- WGS84/UTM ZONA 17S para Ecuador continental, si el sitio está ubicado bajo la línea Ecuatorial (sur) y al oeste (izquierda) del meridiano de longitud 80°. Ejemplo: región Costay Sierra Sur: Manabí, Cotopaxi, parte de Pichincha, Guayas, entre otros.
- WGS84/UTM ZONA 18N para Ecuador continental, si el sitio está ubicado sobre la línea Ecuatorial (norte) y al este (derecha) del meridiano de longitud 80°. Ejemplo: región Amazónica Norte: Sucumbíos, parte de Orellana, entre otros.
- WGS84/UTM ZONA 18S para Ecuador continental, si el sitio está ubicado sobre la línea Ecuatorial (norte) y al este (derecha) del meridiano de longitud 80°. Ejemplo: región Amazónica Sur: Pastaza, Morona Santiago, entre otros.

Luego de introducir los datos en UTM de las coordenadas del sitio de interés en X/Long: y Y/Lat: ; dar clic en “ir a coordenadas”.

6.- A continuación, se despliega la ventana de “Información” en donde encuentra: la descripción de área, Categoría_de_zonificación_agroecológica, Descripción_Categoría_de_zonificación_agroecológica, y superficie calculada en hectáreas.

7.- Los niveles de exactitud de los mapas a escala 1:250.000 cuando nos referimos a nivel de finca, conllevan un error potencial, por lo cual se debe tomar esta información como referencial. Si deseamos verificar y poseemos información de datos de los parámetros de suelo y clima de la Tabla 1, podemos establecer los tipos de aptitud del terreno.



Continuación Tabla 1

Factor	Parámetro	Aptitud Agroecológica			
		Óptima	Moderada	Marginal	No apta
Suelo	*Profundidad	Profundo > 1 m	Moderadamente profundo 0,51 - 1 m	Poco profundo 0,21 - 0,50 m	Superficial 0,11 - 0,20 m
	Pedregosidad	Sin	Poca	Frecuente	Abundante pedregoso a rocoso
	*Drenaje	Muy Bueno	Bueno	Moderado	Mal drenado
	Nivel freático	Profundo 1,0 - 1,5 m	Moderadamente profundo 0,6 - 0,9 m	Poco profundo 0,3 - 0,59 m	Superficial 0,2 - 0,3 m
	pH	Ligeramente ácido, neutro	Ácido, moderadamente alcalino	(-)*	Muy ácido, alcalino
	Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	Materia Orgánica del Suelo (MOS)	Muy alta, alta > 5%	Media 3 - 4,9%	Baja 1 - 2,9%	Muy baja < 1%
	Salinidad	Sin, ligera	Media	Alta	Muy alta
	Fertilidad	Alta	Media	Baja	Muy baja
Clima	Precipitación (mm/año)	1200 - 3000	1000 - 1200	800 - 1200	< 800 > 4000
	Temperatura (°C)	18 - 26	16 - 18	15 - 16	< 15
	Altitud (msnm)	0 - 500	(-)*	(-)*	> 500

Nota: *Descripción de parámetros en Consejo Nacional de Competencias (CNC).

Fuente 1: CNC (2018). Manual técnico para el diseño de sistemas de drenaje en suelos agrícolas del Ecuador. Recuperado 20 de agosto de 2020.

https://issuu.com/cncecuador/docs/manual_te_cnico_para_el_diseno_de_

Fuente 2: MAGAP/INIAP (2014, p. 4). <https://fliphtml5.com/ijia/jntv/basic>



Si en el análisis de las zonas agroecológicas para cultivar el cacao en condiciones naturales, el área de producción es marginal o no apta, el técnico y/o el productor deberá considerar realizar inversiones adicionales con tecnologías de compensación para alcanzar los parámetros agroecológicos mínimos y así optimizar la producción de esa zona (riego, enmiendas, fertilizaciones complementarias, medidas de conservación de suelos, entre otras).

3.2 Mapas de cadmio en almendra

- 1.- Seguir los numerales del uno al tres para el mapa agroecológico.
- 2.- Seleccionar el mapa de cadmio en almendra de cacao desarrollado por Argüello et al. (2019), visualizar el mapa (Figura 2). Posteriormente seguir los mismos pasos de los numerales cinco y seis, donde se introduce las coordenadas y se abre la ventana de información del mapa del Geoportal del MAG.



3.- En la descripción de esta ventana aparece la concentración de cadmio en las almendras de cacao en la zona cercana al sitio en mg kg^{-1} . El valor obtenido se compara con los límites establecidos de cadmio por la Unión Europea (UE) para productos terminados (Guía 1), si este valor estimado de cadmio sobrepasa los valores de $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ en la almendra, se espera que el cadmio disponible en el suelo sea significativo y se requiere realizar un muestreo y análisis de cadmio en suelo (Guía 4). El mapa desarrollado por Argüello, et al. (2019), tiene una escala pequeña para una visión a nivel nacional de los riesgos involucrados en la contaminación de los granos de cacao por cadmio, pero la heterogeneidad de la distribución de este metal al nivel de las fincas es muy amplia, por lo que se requiere una verificación en laboratorio. Adicionalmente, por la heterogeneidad espacial de la calidad de los suelos y del proceso de bioacumulación de cadmio en granos, los datos obtenidos del mapa de contenidos de cadmio en las almendras (Figura 2) son referenciales y no transferibles a la escala de hectárea.

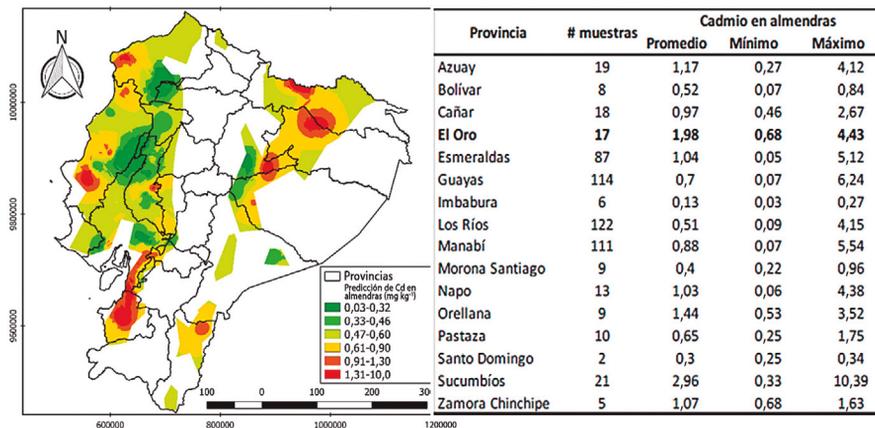


Figura 2. Mapa de contenidos de cadmio en las almendras de las zonas cacaoteras del Ecuador.

Fuente: Argüello et al. (2019).



4. Actividades previas para seleccionar un sitio para el cultivo de cacao, con menor riesgo de contaminación de cadmio en el suelo

- 1.- Establecer la ubicación del sitio y su cercanía a fuentes naturales y antrópicas de cadmio, para ello realizar las siguientes tareas:
 - a) Obtener las coordenadas y altitud del sitio usando un GPS o celular que tenga aplicación gratuita de GPS sin internet (lugar sin señal), anotar y/o guardar las coordenadas en UTM y el valor de la elevación en metros.
 - b) Con las coordenadas obtenidas en el paso anterior determinar, en el mapa agroecológico, la aptitud agroecológica correspondiente al lugar. También estimar los valores de cadmio en las almendras de cacao del lugar utilizando los mapas disponibles en el Geoportal del MAG, como se indicó anteriormente.
 - c) Evaluar la ubicación del sitio y su cercanía a fuentes de contaminación antrópica de cadmio. Por ejemplo: cercanía a carreteras principales, zonas pobladas, explotaciones mineras, petroleras, áreas industriales de metalurgia y curtiembres, ríos cuyas riberas aguas arriba se encuentran rellenos sanitarios, actividades agropecuarias intensivas y minería. Para ello puede hacer uso de mapas topográficos (carreteras, poblados) del Instituto Geofísico Militar (IGM), mapas de extracción minera, de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).
 - d) Identificar la disponibilidad de agua superficial o subterránea en el sitio.

5. Ejercicio para selección de sitio agroecológicamente apto y con bajo riesgo de contaminación de cadmio para el cultivo de cacao

Objetivo

Evaluar si el terreno es adecuado para cultivar cacao con riesgos mínimos de contaminación de cadmio.



Procedimiento

Paso 1. Realizar un recorrido por el lote (o sitio) a seleccionar en este recorrido y levantar la siguiente información:

- 1.1 Ubicación de lote, altitud y coordenadas en UTM utilizando GPS o celular, si no es posible, anotar algún punto referencial que permita su ubicación aproximada.
- 1.2 Levantar la información sobre el uso histórico del lote y manejo agronómico (uso de fertilizantes, enmiendas, pesticidas y herbicidas).
- 1.3 Identificar zonas inundadas y de acumulación de sedimentos aluviales o coluviales.
- 1.4 Estimar la profundidad del suelo utilizando barreno o pala, y en cada horizonte estimar por medio del tacto la textura y estructura, la cantidad de hojarasca en la superficie, la calidad del drenaje y presencia de invertebrados en el suelo.
- 1.5 Establecer lejanía o cercanía a carreteras, ciudades, zonas industriales o de extracción minera o petrolera.

Paso 2. Realizar el levantamiento de información de aptitud agroecológica y de concentración de cadmio en las almendras de cacao:

- 2.1 Con la información de las coordenadas del lote en UTM, identificar la aptitud del suelo de acuerdo al instructivo en los mapas de zonificación agroecológica de cacao del Geoportal del MAG.
- 2.2 En el mapa de cadmio en las almendras de cacao, determinar la concentración de cadmio.

Paso 3. Recomendaciones de selección en función de información levantada:

- 3.1 Que el sitio, de preferencia, se ubique en una zona agroecológica de aptitud óptima o moderada y como mínimo marginal (esto indica el grado de cumplimiento del sitio con las condiciones climáticas y del suelo para la producción de cacao). Si corresponde a zona NO APTA se recomienda no continuar con el análisis y seleccionar otro cultivo para la siembra.

- 3.2 Si el lote en el mapa de cadmio en la almendra, corresponde a contenidos medios y altos ($> 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$) en la zona, se recomienda tomar muestras de suelo compuestas, de acuerdo al instructivo de la Guía 4, al igual que muestras de almendras de cultivos de cacao, vecinos al lote, para análisis en laboratorio. Si el valor de cadmio total en el suelo corresponde a valores mayores a $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$, utilizar de preferencia el terreno para otro cultivo.
- 3.3 Si los resultados de cadmio total en el suelo están en rangos de 0,23 a menos de $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$ se recomienda, que previo a la siembra y de acuerdo al diseño y tipo de plantación de cacao, se disponga de la siguiente información: pH, materia orgánica, textura, capacidad de intercambio catiónico, salinidad y niveles de macro y micro nutrientes del suelo para interpretar estos resultados de acuerdo a la Guía 6, antes de escoger la técnica de mitigación, para inmovilizar o transformar el cadmio disponible en el suelo (Guías, 10 y 11).
- 3.4 Si el terreno está ubicado en zonas con una precipitación anual menor a 1500 mm se debe asegurar la disponibilidad de agua para riego, sin cadmio o con contenidos muy bajos, que presente bajos niveles de cloruros, sulfatos y contaminantes en general.
- 3.5 Instalar el cultivo de cacao en zonas alejadas a asentamientos industriales, explotación minera, rellenos sanitarios, agricultura intensiva o pecuaria y carreteras de primer orden por ser posibles fuentes de cadmio antrópico.

6. Referencias

- Argüello, D., Chávez, E., Laurysen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, 649, 120–127.
- Consejo Nacional de Competencias (2018). Manual técnico para el diseño de sistemas de drenaje en suelos agrícolas del Ecuador. Recuperado 20 de agosto de 2020. https://issuu.com/cncecuador/docs/manual_te_cnico_para_el_diseno_de_
- FHIA– Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (2016). Manual de producción de cacao/Aroldo Dubon, Jesús Sánchez–2da Edición–La Lima, Cortez, 264 p.
- INIAP (2014). Programas – Café y Cacao. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://www.tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore2/mcafec/rcacao>
- MAGAP–Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador (2012). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao: Resolución Técnica No. 183. Ecuador. 37 p.
- MAG (2014). Zonificación Agroecológica Económica del cultivo de cacao (*Theobroma Cacao* L.) en el Ecuador continental escala 1:250.000. Resumen ejecutivo. Quito–Ecuador. P.8. <https://fliphtml5.com/ijja/jntv/basic>
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C. et al. (2018). The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid–Holocene in the upper Amazon. *Nat Ecol Evol* 2,1879–1888. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0697-x>



La "colección de guías sobre recomendaciones y buenas prácticas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio" es el resultado del esfuerzo de diferentes actores que, bajo la coordinación del Ministerio de Agricultura y Ganadería, han rescatado y sistematizado conocimientos y buenas prácticas, generadas por investigadores y técnicos nacionales e internacionales, útiles para prevenir y mitigar la contaminación por cadmio en la cadena del cacao. Las publicaciones que componen esta colección han sido elaboradas, publicadas y difundidas gracias al apoyo de las siguientes instituciones y organizaciones:



Proyecto
**Cadenas de valor
inclusivas y sostenibles**



Plataforma Multiagencia
Cacao 2030-2050



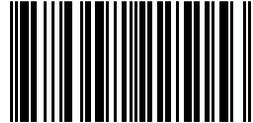
@AgriculturaEc

AgriculturaEcuador

agricultura.ec

/AgriculturaEcuador

ISBN: 978-9942-22-515-3



9789942225153

Dirección: Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas

Código postal: 170516 / Quito-Ecuador. **Teléfono:** 593-2 396-0100