



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

BOLETIN TECNICO # 134

EET 544 Y EET 558

NUEVOS CLONES DE CACAO NACIONAL PARA LA
PRODUCCION BAJO RIEGO EN LA PENINSULA DE SANTA ELENA

Freddy Amores
Juan Agama
Francisco Mite
Juan Jiménez
Gastón Loor
James Quiroz

QUEVEDO · LOS RIOS · ECUADOR
MARZO, 2009



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

BOLETÍN TÉCNICO # 134

EET 544 Y EET 558

**NUEVOS CLONES DE CACAO NACIONAL PARA LA
PRODUCCIÓN BAJO RIEGO EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

Freddy Amores (EET Pichilingue)
Juan Agama (EET Pichilingue)
Francisco Mite (EET Pichilingue)
Juan Jiménez (EET Pichilingue)
Gastón Loor (EET Pichilingue)
James Quiroz (EE Boliche)

**QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR
MARZO - 2009**



**GOBIERNO NACIONAL
DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR**

Rafael Correa Delgado
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

Walter Poveda Ricaurte
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERIA
ACUACULTURA Y PESCA

Julio César Delgado Arce
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP



CLON EET 544



CLON EET 558

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
ENTORNO AMBIENTAL DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA	3
Características climáticas	5
Relieve y características del suelo	10
Fertilidad de los suelos cacaoteros en la zona peninsular	10
ORIGEN DE LOS CLONES EET 544 y EET 558	16
RENDIMIENTO DE LOS NUEVOS CLONES	18
OTRAS CARACTERÍSTICAS	19
Identidad genética	20
GUÍAS PARA EL MANEJO AGRONÓMICO	23
Sistema de siembra	23
Distancia de siembra y trasplante	23
Plantas en crecimiento	26
Abonamiento	26
Podas	29
Riego	31
Huertas en plena producción	33
Abonamiento y riego	33
Control de enfermedades	35
MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y LOS PROBLEMAS DE SALINIDAD	38
Fertilidad del suelo	38
Demandas nutricionales del cultivo del cacao	39
Diagnóstico del problema de salinización y sugerencias para su control ..	40
Manejo de la salinidad del suelo	42
Recomendaciones de fertilización	43
BENEFICIO POSTCOSECHA	45
CONSIDERACIONES ECONÓMICAS	46
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	47

EET 544 Y EET 558: NUEVOS CLONES DE CACAO NACIONAL PARA LA PRODUCCIÓN BAJO RIEGO EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA

INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao en el Ecuador se distribuye en alrededor de 100,000 unidades productivas, en su gran mayoría en la región Litoral o costa. Más del 90 por ciento de esta superficie corresponde a la variedad Nacional, con reconocimiento internacional por sus atributos sensoriales, ubicándose en la categoría de cacao fino o de aroma. El resto está sembrado con la variedad clonal CCN-51, diferente a la variedad Nacional en las dimensiones: genética, física, química y sensorial. En función de esta realidad productiva, nuestro país ocupa la octava posición mundial como productor y exportador de cacao y la primera como proveedor de cacao fino o de aroma, con el 50% de la oferta que alimenta este pequeño pero importante segmento del mercado.

En el ámbito externo hay factores que estimulan el crecimiento de la industria mundial basada en el cacao. El cambio hacia el hábito de consumir chocolates "negros" con alto contenido de cacao, combinado con la creciente evidencia científica acerca de los beneficios terapéuticos de su consumo, se encuentran entre las causas que sostienen dicho crecimiento. En este escenario favorable, la demanda de los cacaos finos o aromáticos muestra un ritmo creciente, mientras que su oferta a nivel mundial no aumenta al mismo paso por varias razones, entre ellas la escasez de variedades de cacao fino con alto rendimiento y estabilidad productiva, para disminuir el riesgo de la inversión y ampliar el margen de utilidad. Con estos antecedentes, el Ecuador está desaprovechando oportunidades comerciales para aumentar sus ventas e ingresos, como consecuencia de los limitados volúmenes de producción y exportación de cacao Nacional.

La creencia generalizada de que el cacao Nacional es poco productivo, desalienta el uso de esta variedad para la renovación y ampliación de la frontera agrícola, en el marco de nuevos proyectos de desarrollo vinculados al cultivo. El escaso rendimiento de las huertas tradicionales sembradas con cacao Nacional, se debe a que están conformadas casi en su totalidad por árboles sin mejoramiento genético, provenientes de semillas de polinización abierta obtenidas en la misma finca o traídas de otros sectores. Además, las huertas se conducen prácticamente sin manejo tecnológico, contribuyendo a la problemática de los bajos rendimientos, problemática que termina reflejándose en una productividad promedio nacional de 0.25 toneladas métricas por hectárea. La investigación que conduce el INIAP busca contribuir a cambiar esta situación, mediante la obtención de variedades de cacao Nacional más productivas, además de otras prácticas para mejorar el sistema de cultivo.

Actualmente, hay un creciente interés por expandir la frontera agrícola del cacao hacia zonas no tradicionales para su cultivo, entre ellas la península de Santa Elena. Esta zona abarca una superficie de 6050 km² y hasta mediados del siglo XX era próspera productora de hortalizas, recursos pecuarios y maderables. Sin embargo, como resultado de la sobre explotación de sus recursos maderables, combinada con los cambios climáticos que se han venido sucediendo, se transformó en un paisaje deforestado y semi desértico, causando una intensa migración de su población hacia áreas urbanas, principalmente la de Guayaquil. Tal es así que de una población inicialmente superior al millón de habitantes, sólo alrededor de la cuarta parte permanece actualmente en la península, subsistiendo principalmente del turismo y pesca. Cualquier esfuerzo para superar el problema de la falta de agua como principal factor limitante de la reactivación de la agricultura, mediante cultivos como el cacao, cítricos y otros, representa una contribución importante para la creación de nuevas fuentes de trabajo que aporten al desarrollo económico y social de la zona.

Con esta visión en mente, el gobierno nacional en la década de 1980, comenzó la ejecución de obras de infraestructura para desarrollar el potencial agrícola de la península, mediante la utilización de estaciones de bombeo en el río Daule, la represa Chongon y un sistema de embalses y canales primarios (120 Km.) para la distribución del agua de riego. Los canales cruzan sectores con vocación agrícola (Figura 1), respaldados por indicadores favorables de fertilidad del suelo, temperatura y luminosidad. Inicialmente, el proyecto fue diseñado para proveer riego a un total de 42,000 hectáreas, pero la infraestructura instalada permite actualmente sólo la irrigación de 24,000 hectáreas. Sin embargo, sólo un porcentaje de las tierras con acceso a este recurso se encuentra en uso.

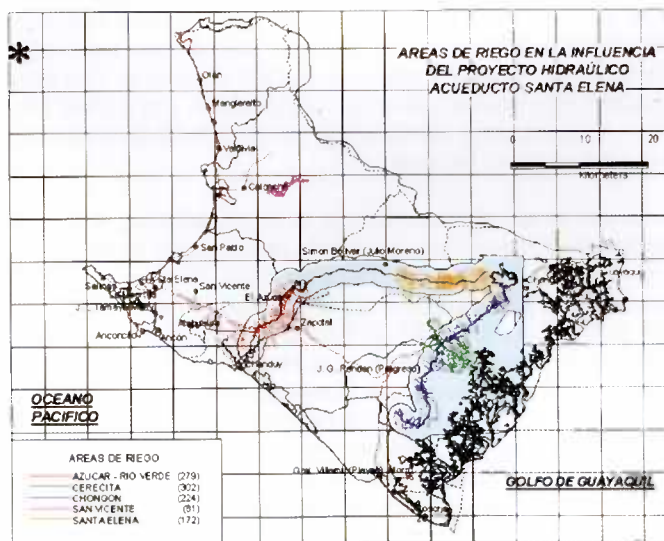


FIGURA 1. Área de influencia del proyecto de irrigación en la península de Sta. Elena (Fuente: Estudio del potencial agroindustrial y exportador de la península de Sta. Elena y de los recursos necesarios para su implementación. 2002).

De las 24,000 hectáreas beneficiadas con infraestructura de irrigación, 6.000 hectáreas tienen acceso a riego presurizado y 18,000 a riego por canales abiertos. Del total, unas 7,500 hectáreas se encuentran actualmente cultivadas, principalmente con mango, melón, limón, cacao, guayaba y otros. Se concluye que aún existe una amplia superficie de tierra que puede regarse, al estar provista de la infraestructura necesaria para dar este servicio. Un porcentaje importante de dicha superficie, bien podría convertirse en fuente de producción y oferta de cacao Nacional de calidad para aumentar las ventas al exterior.

La escasa precipitación que recibe la zona, impide la realización de actividades agrícolas de secano (agricultura dependiente sólo del agua de lluvia), incluso tratándose de cultivos de ciclo corto. Pero ya está demostrado, en granjas experimentales de CEDEGE (las que ahora son parte de AGROTRASVASE) y otros predios agrícolas de la zona, que el uso de variedades productivas de cacao, combinadas con riego suplementario en un volumen suficiente durante la época seca, produce resultados exitosos, con niveles de productividad que oscilan entre 1.5 y 3 toneladas métricas por hectárea.

El mayor aprovechamiento de la infraestructura de riego disponible para fomentar el cultivo del cacao Nacional, requiere en forma imperativa de la oferta de opciones varietales más productivas y adaptadas a la zona, con el objetivo de transformarla en una fuente estratégica de producción y oferta de cacao fino o de aroma. La baja incidencia de enfermedades y mejores oportunidades para el secano natural, son ventajas adicionales para la producción de este cultivo, producción que bien gestionada, puede erigirse en el futuro como un origen comercial particular bien valorizado dentro y fuera del país.

Consciente de la problemática descrita, el INIAP comenzó en el 2002 una investigación para comparar un grupo de clones en la granja experimental Chongon, en el sector del mismo nombre. Además de CEDEGE, el estudio contó con la colaboración de ANECACAO y el valioso apoyo del USDA. El objetivo principal, fue la identificación de cultivares de cacao Nacional dotados de alta productividad y adaptados a un entorno semi árido. El presente Boletín Divulgativo presenta los resultados de dicha investigación que culminó con la selección de los clones EET-544 y EET-558 de cacao Nacional, con adaptación para el cultivo bajo riego en el sector de Chongon y similares de la península de Santa Elena. Ambos clones han mostrado una productividad igual al CCN-51, sometidos y comparados simultáneamente bajo el mismo nivel de manejo tecnológico.

ENTORNO AMBIENTAL DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA

El cacao al igual que todas las plantas, utiliza servicios ambientales que recibe de su entorno natural (clima, suelo, vegetación) como insumos para sus procesos fisiológicos (reacción ante los estímulos del ambiente) y metabólicos (construcción y

destrucción de material biológico a nivel celular). Luminosidad, calor, anhídrido carbónico, oxígeno, abastecimiento de nutrientes y agua, soporte de micorrizas en la absorción radicular de nutrientes, acción de los insectos en la polinización de la flores, masas de aire en movimiento renovando el intercambio gaseoso por las hojas, humedad relativa del aire regulando el ritmo de transpiración por el follaje, son entre otros, algunos insumos ambientales bastante conocidos y vinculados al funcionamiento vegetal.

La respuesta y adaptación del cacao a su entorno se sostiene en procesos como: la fotosíntesis (combinación de sustancias inorgánicas -anhídrido carbónico y agua- para su transformación en azúcares mediante la energía solar), almacenamiento de energía o "combustible" químico en moléculas especializadas (adenosin trifosfato-ATP y adenosin difosfato-ADP), acumulación y transferencia de sustancias de reserva entre las diferentes órganos de la planta, formación de compuestos orgánicos complejos (proteínas, almidones, grasas, hormonas, etc) a partir del producto de la fotosíntesis, respiración para producir la energía requerida por el metabolismo celular, intercambio gaseoso por los estomas (sale vapor de agua y oxígeno y paralelamente ingresa anhídrido carbónico), absorción activa de agua y nutrientes por las raíces, entre otros procesos.

Los resultados de estos procesos dictan la frecuencia y ritmo de los eventos fenológicos del cultivo, como son: emisión de raíces, brotación, floración y fructificación. De allí que la adaptación armónica entre el cultivo y su entorno, sin la presencia de factores limitantes, permite el desarrollo y expresión del rendimiento potencial de las variedades de cacao genéticamente mejoradas. Por el contrario, cualquier factor de producción en un nivel deficiente, digamos por ejemplo la poca disponibilidad de agua en el suelo, impedirá la expresión de dicho potencial.

La insuficiencia de agua en el suelo y en la planta, no sólo detiene los procesos de crecimiento y producción, sino que las plantas sometidas al estrés hídrico aumentan su ritmo de respiración para mantener su metabolismo celular, "quemando" en este proceso más sustancias orgánicas de lo que son capaces de producir a través de la fotosíntesis, si es que en el peor de los casos la fotosíntesis no se ha detenido por completo. Bajo tal circunstancia, el cultivo sólo sobrevive, y la agricultura, particularmente la del tipo empresarial, pierde su significado económico. Consumir más de lo que se produce, no conduce a la creación de valor en el ámbito vegetal, animal o en cualquier otro ámbito productivo.

Estos antecedentes destacan la importancia de conocer al menos con cierto detalle, los componentes y funcionamiento del entorno natural, como fuente de insumos ambientales para el cultivo del cacao. El funcionamiento se comprende mejor al describirse el entorno en términos de las características del clima, suelo y posición fisiográfica, es decir la ubicación de la plantación con respecto al relieve (colinas, mesetas, pendientes, valles, terrazas, manglares, etc) y las interrelaciones

que se producen entre estas características. Los componentes del ambiente no actúan independientemente, más bien interactúan estrechamente, creando entornos únicos para cada sitio, sector y zona, frente a los cuales el cacao se adapta reaccionando de distinta manera.

Este conocimiento se transforma en información valiosa para diseñar el plan de manejo del cultivo de forma efectiva, entendiéndose como tal el conjunto sistemático de guías y decisiones para la manipulación del entorno de las plantas, mediante el riego, abonamiento, drenaje, etc. El objetivo del plan debe ser lograr la completa expresión del potencial productivo de variedades superiores de cacao, como son los clones de cacao Nacional EET 544 y EET 558 presentados en este Boletín. Tengamos siempre presente que si el plan contiene decisiones bien informadas, el riesgo de que ocurran resultados indeseables en relación al desarrollo y productividad del cacao, se reduce significativamente, contribuyendo a la creación de más valor económico, social y ambiental.

Características climáticas

El estudio para la selección de los clones EET 544 y EET 558, se realizó en la granja experimental Chongón de CEDEGE. La granja se encuentra ubicada sobre una terraza aluvial alta en el sector del mismo nombre, al sur oriente de la península de Sta. Elena. El Cuadro 1 muestra algunas características climáticas representativas para la granja en mención, características que se pueden extrapolar a sectores similares. Con base a esta información, el sector de Chongón se clasifica dentro de la categoría bioclimática de bosque semi desértico tropical. A continuación se reseña un breve análisis e interpretación de la información presentada, con el propósito de facilitar su comprensión y uso durante el proceso de construcción de decisiones para invertir en el cultivo y planificar técnicamente su manejo.

CUADRO 1. Parámetros climáticos para el sector donde se encuentra ubicada la Granja Experimental Chongón.

Sitio	Temperatura, °C			Heliofanía Acumulado/año (horas-luz)	Precipitación Anual, mm	Humedad Relativa, %	Evaporación potencial, mm por día	Evapotranspi- ración potencial, mm/día	Categoría Bioclimática
	Mínima	Máxima	Promedio						
Granja Experimental Chongón	20.9	29.6	25.6	1198	746	31	3.87	2.90	Bosque subdesértico tropical

La temperatura promedio anual de 25.6 °C se encuentra dentro del rango considerado adecuado para el cacao. El promedio de las temperaturas máximas no superan el límite de 30 °C, y el de las temperaturas mínimas, tampoco cae por debajo de 18 °C. Si los valores de temperatura fueran más allá del promedio de máximos y mínimos permitido, se producirían efectos negativos sobre la floración y otros procesos fenológicos. La heliofanía, otro servicio ambiental de importancia, referida a la cantidad de brillo solar efectivo registrada durante periodos sin nubes, se

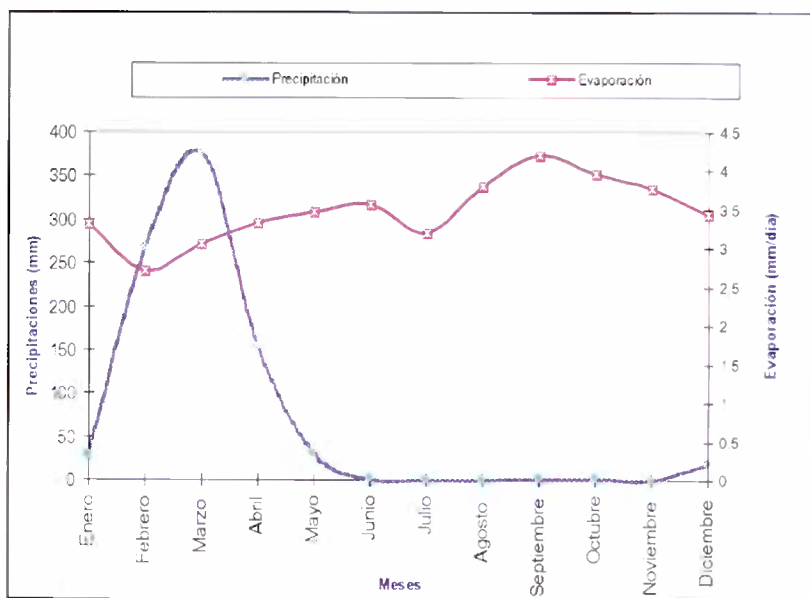
encuentra alrededor de 1200 horas-luz por año, sin duda un buen índice para el cultivo del cacao.

Peo siempre es útil agregarle más sentido a los indicadores climáticos de un sector o zona, comparándolos con los indicadores de otras, donde también se produce comercialmente un determinado cultivo, en nuestro caso el cacao. Por ejemplo, la cantidad de heliofanía recibida en Chongón, representa 35 por ciento más del total de brillo solar que recibe la zona de Quevedo, la de mayor importancia en el país por su producción total. En el otro extremo, la cifra registrada para el sector de Chongón, equivale al 60 por ciento del brillo solar efectivo recibido, por ejemplo, en la república de Ghana, segundo productor mundial de cacao, característica que es acompañada de una cantidad y distribución anual de lluvias considerada entre las mejores para el desarrollo del cultivo. Por su lado, Bahía, la principal zona cacaotera del Brasil, recibe 2100 horas de heliofanía y 1776 mm de precipitación. Las cifras mostradas en su conjunto, proyectan una idea de cuán diferentes pueden ser los ambientes en que se cultiva el cacao y sus necesidades de adaptación.

El cacao es un cultivo particularmente sensible a la falta de humedad, reaccionando con síntomas de marchitez, secamiento, desprendimiento de hojas, muerte gradual del extremo de las ramas y finalmente, el desarrollo de la enfermedad fisiológica conocida como "puntas desnudas", "dieback" o "muerte descendente". Para su desarrollo normal requiere de unos 1500 mm de lluvia bien distribuidos a lo largo del año, con un periodo seco de 2 a 3 meses, durante el cual la cantidad de evaporación supera a la precipitación. Este escenario representa una condición climática cercana a la ideal para el cultivo. Países cacaoteros como Ghana y Costa de Marfil (conjuntamente producen el 60% del cacao comercializado mundialmente) se benefician de este escenario; en Ecuador tal condición ideal prácticamente no existe. Así se explica, la necesidad que tenemos de invertir mayores esfuerzos tecnológicos para mejorar la calidad de los ambientes en que se cultiva cacao, en un intento de incrementar su productividad.

En promedio la precipitación anual para el sector de Chongón es 746 mm, con el 95 por ciento de la misma concentrada durante el primer cuatrimestre del año. Por lo tanto, el sector presenta como mínimo 8 meses ecológicamente secos (con excepción de los años influenciados por el fenómeno del niño), es decir que son meses en que la evaporación potencial supera ampliamente a la cantidad de lluvia recibida, tal como se ilustra en la Figura 2. Durante estos meses, el cacao debe recibir riego suplementario teniendo en cuenta el patrón de evapotranspiración del cultivo, para asegurar el éxito de la inversión. La curva de evapotranspiración de una plantación de cacao provista de riego, sigue estrechamente a la curva de evaporación potencial del sector donde se encuentra el cultivo.

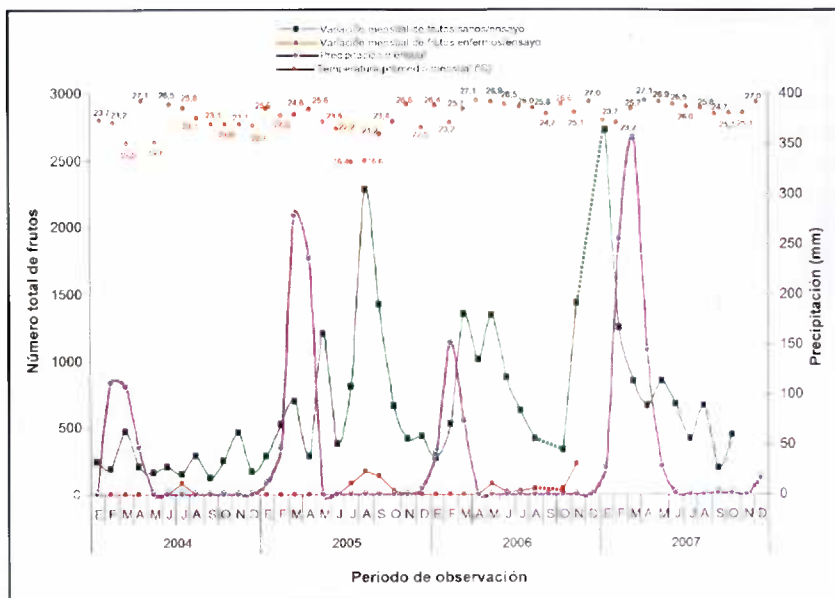
FIGURA 2. Relación entre la precipitación y evaporación en la granja experimental Chongón.



Como referencia para interpretar mejor las cifras mencionadas en el párrafo anterior, el promedio anual de lluvia recibida por la zona de Quevedo es igual a 2100 mm, aunque con una pobre distribución que trae como consecuencia un largo periodo seco, eso sí menos prolongado que en la península de Santa Elena. El nor-orient de la provincia de Esmeraldas recibe 3000 mm de lluvia bien distribuidos a lo largo del año, pero la cantidad es considerada excesiva, causando una fuerte incidencia de enfermedades, incidencia que según observaciones de los autores destruye más del 90% de los frutos que llegan a la cosecha, en campos con ausencia absoluta de prácticas de control integral para reducir la presencia de problemas sanitarios.

Ghana recibe 1600 mm bien distribuidos con un periodo seco que no supera los tres meses, una condición prácticamente ideal para el cultivo del cacao, tal como ya se mencionó en un párrafo anterior. Sin embargo, la ventaja del prolongado periodo seco en el sector de Chongón, es que se transforma en una drástica barrera contra el desarrollo de los hongos causantes de las principales enfermedades del cacao en nuestro país, manteniendo baja su incidencia, en niveles sin mayor importancia comercial. La Figura 3 ilustra esta situación para los datos registrados en la granja de Chongón durante la evaluación de los clones EET 544 y EET 558. En el peor de los casos, la cantidad de mazorcas enfermas no superó el 10 por ciento del total cosechado.

FIGURA 3. Relación entre el número de frutos sanos, frutos enfermos, precipitación y temperatura, en el estudio conducido en la granja experimental Chongón.



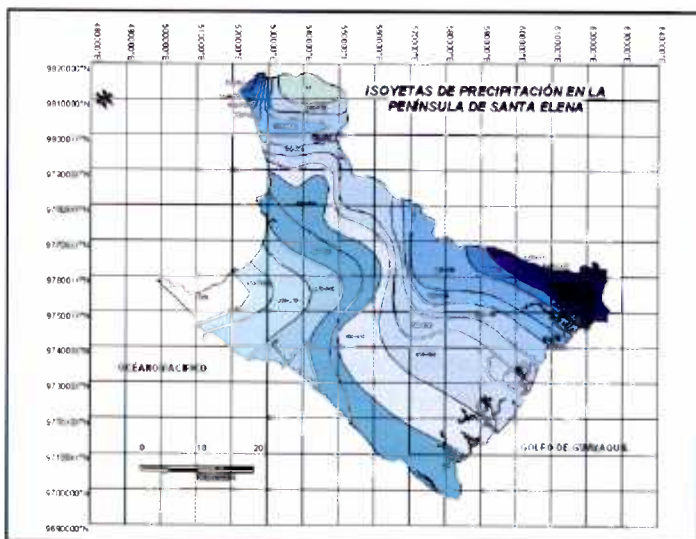
En presencia de poca humedad disponible en el suelo, el cacao encuentra un aliado importante en los niveles altos de humedad relativa, por ejemplo arriba del 80 por ciento. Esta condición disminuye la velocidad de transpiración, es decir se reduce la pérdida de vapor de agua por medio de los estomas de las hojas y éstas conservan más agua internamente. La transpiración es un proceso normal en todas las plantas y sirve para crear las diferencias de tensión necesaria entre el agua de la atmósfera, la planta y el suelo, como condición para la absorción de agua y nutrientes por el sistema radical, entre otras razones. Pero si la transpiración se reduce drásticamente, también disminuye paralelamente la fotosíntesis y el accionar vegetativo y reproductivo de las plantas. El resultado final es siempre menor crecimiento y producción.

En conjunto la respuesta del cacao descrita en el párrafo anterior, es una reacción de sobrevivencia. Las plantas invierten gran parte de sus reservas alimenticias y energía liberada por una respiración incrementada a causa del estrés hídrico, para ampliar el sistema radicular, en un intento de explorar un mayor volumen de suelo y captar cualquier rescisquo de humedad que aun pudiera estar disponible. La humedad relativa del 80 por ciento es el nivel más conveniente para el desarrollo del cacao, combinada con los otros factores de la producción en niveles no limitantes. Esta cifra es comparable al 81 por ciento de humedad relativa registrado para el sector de Chongón, y con valores alrededor de esta cifra para otros sectores peninsulares.

El escenario climático en el sector de Chongón difiere del de otros sectores de la península de Santa Elena, particularmente en relación a la cantidad de precipitación recibida. Esta afirmación es particularmente cierta, al comparar las precipitaciones de los sectores donde encuentran ubicadas las granjas experimentales Chongón, Playas y El azúcar, de CEDEGE. En todos los casos, la distribución de las lluvias se mantiene marcadamente estacional, pero los datos registrados señalan que la precipitación disminuye del este hacia el oeste de la península de Santa Elena, pasando gradualmente de un clima tropical semi-árido a un clima árido y finalmente desértico en el sector de Salinas. La Figura 4 que muestra las isoyetas (línea imaginaria que une puntos de igual precipitación) de lluvia, ilustra claramente la situación que estamos describiendo. Las granjas experimentales de Playas y El azúcar reciben respectivamente, el 80 por ciento y 65 por ciento, de la precipitación promedio anual recibida en el sector de Chongón.

A medida que el cultivo del cacao se desplaza desde Chongón hacia el oeste y sur-oeste, el riego suplementario durante el periodo seco demanda de mayores volúmenes de agua, pasando de la aplicación de 782 mm en el sector de Chongón, hasta casi 1000 mm en el sector de Playas, utilizando el sistema de riego por goteo. Con el sistema de riego por micro aspersión las cifras indicadas se incrementan un poco. El promedio de evapotranspiración potencial referido al cultivo del cacao, se mantiene alrededor de los 3 mm por día para cualquier sector de la península, aunque la evaporación aumenta gradualmente desde el norte hacia el sur, con diferencias de hasta de un mm por día entre los extremos. Los parámetros de heliofanía, temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar efectivo, se mantienen sin variaciones marcadas en toda la zona.

FIGURA 4. Curvas de regimenes de precipitación en la península de Sta. Elena (Fuente: Estudio potencial agroindustrial y exportador de la península de Sta. Elena y de los recursos necesarios para su implementación. 2002)



Relieve y características del suelo

El relieve de la península es bastante diversificado (montañas, colinas, mesetas, valles, terrazas y manglares), formado de materiales volcánico-sedimentario hacia el norte, donde el factor dominante es la cordillera de Chongón y Colonche, con altitudes de 600 a 1000 m. La zona de influencia del proyecto de riego CEDEGE, se extiende al sur y sur-oriente de este accidente geográfico, sobre material que es mayormente de naturaleza sedimentaria (depósitos que antes eran parte del fondo marino). En general, el relieve de la península es producto de intensos movimientos tectónicos (reordenamiento de las capas terrestres) ocurridos durante el terciario y cuaternario (periodos geológicos de la Tierra), ocasionando fallas y plegamientos que se reflejan en el paisaje de la zona.

El arrastre y depósito de material aluvial transportado por los ríos que se originan en la cordillera antes nombrada, también han actuado durante millones de años sobre el paisaje, convirtiéndose en un importante factor formador de varios rasgos del relieve en la zona peninsular, particularmente aquellos vinculados a la presencia de barrancos, valles y terrazas escalonadas.

La presencia de mesetas colinadas, intercaladas con valles y cauces de ríos estabilizados, levemente encajonados entre las terrazas más bajas y niveles aluvionales recientes, son también rasgos típicos de la zona de influencia del proyecto. Las mesetas con menor o mayor grado de disección y terrazas con diferente grado de escalonamiento, presentan condiciones propicias para la agricultura si disponen de acceso al riego. Sin embargo, las terrazas más bajas y las depresiones planas sin salida, pueden ser fuente de riesgos de salinidad para la agricultura, sino se adoptan medidas adecuadas de lavado y drenaje del agua con exceso de sales disueltas.

El riesgo de problemas de salinidad para el cacao, se puede originar por distintos caminos: niveles freáticos (tabla de agua) con alto contenido de sales solubles y cercano a la superficie del suelo, intrusiones del agua de mar que alimentan el nivel freático y fuentes subterráneas de agua y, finalmente, la acumulación de sales provenientes de terrenos ubicados en posiciones altas y que se transportan con el lavado y agua de escurrimiento durante el periodo de lluvias. El 20.3 ciento de la superficie de la zona peninsular está constituido por terrazas aluviales con relieve plano y el 18 por ciento por mesetas planas con diverso grado de disectación, pero con aptitud para la agricultura. El 6.3 por ciento son esteros-manglares, sin valor para la agricultura por los altos niveles de salinidad. Para darle significado a estas cifras, es conveniente señalar que la península de Santa Elena tiene una superficie total de poco más de medio millón de hectáreas.

Fertilidad de los suelos cacaoteros en la zona peninsular

Los Cuadros 2 y 3 muestran parámetros físicos y de fertilidad para una muestra de suelo de la granja Chongón. Los valores mostrados pueden extrapolarse para

áreas similares, en un intento de estimar su valor para la agricultura. Al observar varios paisajes, los autores han detectado que los suelos tienen profundidades variables con textura arcillosa, a veces franco arcilloso, en los primeros 20 a 50 cm. de la superficie, descansando sobre material sedimentario. En la fracción arcillosa predomina la "montmorillonita", un mineral expandible que al secarse se contrae, formando grietas en el suelo. La formación de las grietas destruye muchas raicillas (recordemos que las plantas absorben agua y nutrientes sólo por el extremo de las raicillas más jóvenes y que son también las más frágiles), sometiendo al cacao a un mayor rigor ambiental por sequedad. Los suelos muy arcillosos también pueden ser la causa de un drenaje restringido, principalmente si son parte de planicies y terrazas bajas asociadas a niveles freáticos altos.

CUADRO 2. Parámetros físicos del suelo a una profundidad de 15 cm en la Granja Experimental de Chongón.

Profundidad del horizonte (cm)	%			Clase Textural	%			Humedad retenida en Capacidad de Campo, cm³/ton
	Arcilla	Limo	Arena		Humedad en Capacidad de campo	Humedad Punto marcho	Agua Disponible	
				0-15				34.1

CUADRO 3. Parámetros de fertilidad del suelo a una profundidad de 15 cm en la Granja Experimental de Chongón.

Profundidad del horizonte (cm)	pH	%				Condut. en agua reducida	ppm			meq/100 cc					ppm		
		M.O.	N org.	CIC	Σ Bases		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
0-15	7.3PN	13.9	0.15B	30.9	22.05	2.03	9E	29A	234M	16A	11A	1.5E	1.7B	1.4A	40M	2.6B	0.1A

PN= Prácticamente Neutro; A = Alto; M = Medio; B = Bajo

Según el análisis, el pH del suelo es ligeramente básico por la abundancia de cationes (partículas con carga eléctrica positiva), principalmente calcio, magnesio y potasio (las bases del suelo). Dicha abundancia se refleja en la suma de bases que llega a 22,05 meq. /100 cc. Los cationes presentes en la matriz del suelo, se intercambian continuamente entre las arcillas, la materia orgánica y la solución del suelo. La intensidad de dicho intercambio, un fenómeno fundamental para la nutrición de las plantas, se conoce como capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad que asciende a 30.9 meq. /100 cc para el suelo de la granja Chongón. En términos de fertilidad éste índice es alto, comparado con 27.4 meq. /100 cc de capacidad de intercambio catiónico correspondiente a un suelo ubicado cerca de Buena Fé (zona de Quevedo), que también es alto. En la región Amazónica, algunos suelos de escasa fertilidad, pueden registrar valores tan bajos como 3 meq. /100 cc para el mismo parámetro.

Aunque la capacidad de intercambio catiónico, se encuentra asociada también a la mayor o menor presencia de materia orgánica (M.O), este último parámetro y el nitrógeno orgánico, así como el contenido de nitrógeno inorgánico en el sitio donde se condujo el experimento, son bajos. Los bajos niveles detectados, eran

predecibles en un ambiente con poca capacidad para producir biomasa y escasa contribución de residuos vegetales al suelo, por causa de la seria limitación hídrica a que está sometida la vegetación. Los resultados coinciden con determinaciones de la materia orgánica que también dieron valores bajos, para otros suelos del sector de Chongón y de la zona peninsular en general.

La presencia de azufre (S) también es baja, situación consistente con el bajo porcentaje de materia orgánica, principal fuente natural de nitrógeno y azufre en el suelo. El nitrógeno al igual que el azufre son nutrientes básicos para la formación de las proteínas, equivalentes a los "bloques" biológicos con que se construye el crecimiento de las plantas. Sin "bloques", sencillamente no hay crecimiento.

Aunque el análisis del suelo de la granja Chongón muestra un alto nivel de fósforo (P), los autores han observado que los contenidos de este nutriente son variables para distintos suelos de la zona peninsular. Por otro lado, la real disponibilidad del fósforo a corto plazo, es afectada negativamente por la formación y precipitación de fosfatos de calcio y magnesio, compuestos insolubles que reducen el acceso y absorción de fósforo por las raíces, principalmente en suelos calcáreos con valores de pH superiores a 7.0. Este es precisamente el caso para los suelos de Chongón y otros en la península. La importancia de fósforo como nutriente esencial, tiene que ver con su papel insustituible para el almacenamiento y transferencia de la energía química, energía que demandan los distintos procesos metabólicos que a nivel celular se llevan a cabo en las plantas.

La conductividad eléctrica (CE), un indicador indirecto del nivel de sólidos solubles (sales) en la solución del suelo, principalmente de cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y sodio, presenta un valor de 2.53 mmhos para el sitio experimental en el sector de Chongón. En aquellos suelos que registran valores de conductividad eléctrica de 4 mmhos o superiores, se sospecha la presencia de problemas de salinidad por un exceso de sales solubles. Por lo tanto, el resultado reportado confirma que no hay riesgos de salinidad que perjudiquen el normal desarrollo del cacao y otros cultivos, al menos en este sitio. Sin embargo, la salinidad sí puede convertirse en un problema agrícola, en el caso de que no se controle el proceso de acumulación de sales transportadas por el agua de riego, particularmente si el agua es de mala calidad y en las terrazas aluviales de menor altura, si están asociadas a la presencia de niveles freáticos altos.

Los niveles bajos de zinc (Zn) y manganeso (Mn), y el nivel medio de hierro (Fe), mostrados en el Cuadro 3, son coherentes con el efecto depresivo que causa el pH básico, en este caso 7.3, sobre la disponibilidad de los micronutrientes del suelo. Análisis de suelos para el sector de Valencia (zona de Quevedo) exhiben un pH de 5.9 y un contenido de 227 ppm (partes por millón) de hierro, mientras que un suelo en el sector de Naranjal con un pH de 6.3 registra 145 ppm de hierro. Si a la luz de estas cifras hacemos una comparación con los resultados de Chongón, que

muestra un pH de 7.3 y un contenido de 40 ppm de hierro, entonces se visualiza con más claridad la influencia que ejercen los valores crecientes del pH, sobre la disminución de la cantidad disponible de hierro, manganeso y zinc, para la nutrición del cacao.

Los autores también han observado plantas de cacao con quemaduras en los bordes de las hojas, síntomas evidentes de toxicidad de cloruros y otras sustancias absorbidas por la planta bajo condiciones de salinidad del suelo (Figura 5); así como agudas deficiencias nutritivas, notablemente de hierro y zinc, debido a que la baja disponibilidad de ambos se acentúa también por la salinidad del suelo, particularmente en tierras bajas propensas a este problema (Figura 6).



FIGURA 5. Hojas de cacao mostrando bordes "quemados" como consecuencia de toxicidad por salinidad en el suelo.



FIGURA 6. Árbol de cacao clonal mostrando clorosis acentuada en las hojas, causada por deficiencias de micronutrientes en el suelo.

Los síntomas mencionados pueden disminuir con prácticas de drenaje para liberarse de parte del agua salina, apoyadas en su implementación con el asesoramiento de expertos en el tema, para tomar las mejores decisiones en cuanto a profundidad de los canales, espaciamiento entre ellos, sitios de descarga, etc.

La ubicación del nivel freático a profundidades de un metro, a partir de la superficie del suelo, representa riesgos importantes de salinidad y atenta contra el desarrollo normal del cultivo, particularmente si la tabla de agua contiene un alto nivel de sales disueltas. Por medio del fenómeno de la capilaridad (movimiento del agua a través de los micro poros del suelo desde las partes más húmedas hacia las menos húmedas), el agua asciende desde el borde superior del nivel freático hacia los horizontes superficiales del suelo. Para muchos de nosotros resulta familiar observar, que el suelo se mantiene húmedo en la pared de los barrancos de los ríos de la costa durante la época seca, por lo menos hasta un metro arriba del nivel de la superficie del agua en el cauce; la explicación se basa precisamente en el fenómeno de capilaridad. En varios suelos de la península se han detectado valores de conductividad eléctrica cercanos, iguales y superiores a 4 mmhos, a profundidades del suelo de un metro en terrenos bajos. La Figura 7 ilustra las áreas bajas de la penín-

sula con problemas de drenaje y posibles riesgos de salinidad, éste último, el riesgo de mayor importancia en los sistemas intensivos de agricultura bajo riego.

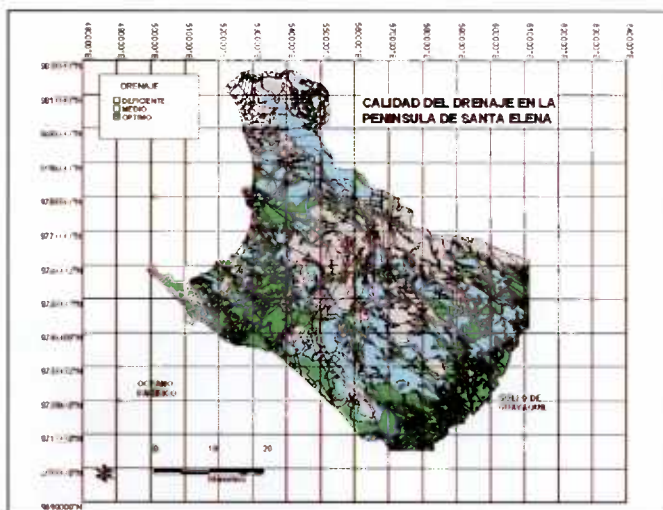


FIGURA 7. Calidad del drenaje en los suelos de la península de Santa Elena (Fuente: Estudio potencial agroindustrial y exportador de la península de Sta. Elena y de los recursos necesarios para su implementación. 2002).

Para ampliar el ámbito de estos comentarios y explicaciones a toda la zona peninsular, a continuación se muestran resultados de la caracterización de muestras de suelo tomadas en haciendas cacaoteras ubicadas en varios sectores de la península de Santa Elena, además de Chongón. Estos resultados (Cuadro 4) permitieron descubrir la gran variabilidad que existe entre los perfiles de fertilidad. Las cifras reflejan la heterogeneidad de los suelos y las consecuencias de los distintos niveles de manejo tecnológico, a que están sometidas las plantaciones de cacao. A través de la variabilidad mostrada, sobresalen el nitrógeno y azufre como aquellos nutrientes que más limitan la expresión productiva del cacao (Figura 8).

Según los mismos análisis, el pH promedio es superior a 7.0 (básico), observándose en algunos sectores que estos valores se incrementan conforme se profundiza en el suelo, hasta más de un metro. La consecuencia de los altos contenidos de calcio y magnesio combinados con valores básicos de pH, se refleja en la disminución de la disponibilidad de micronutrientes, particularmente hierro, zinc y manganeso, haciéndose más difícil su absorción por parte del cacao. De allí que el abonamiento con micronutrientes, debe recibir especial atención en suelos que posean estas características.

En general, los suelos analizados son arcillosos (más del 30 por ciento de arcilla) y en algunos sectores predominan las arcillas del tipo expansivo, situación que hay que tener presente para procurar mantenerlos la mayor parte del tiempo en el nivel de capacidad de campo (extremo superior del rango de disponibilidad de agua en el suelo). Así se reduce el riesgo de afectar los sistemas radicales de las plantas,

por el proceso de expansión-contracción (al secarse el suelo se forman grietas que afectan negativamente a las raicillas absorbentes del cacao) que experimenta este tipo de arcilla. También, se observa que la relación (Ca + Mg)/K es alta en dos de las muestras de suelo analizadas, señalando un desbalance que debe tenerse en cuenta al formular planes de fertilización para el cacao u otros cultivos.

CUADRO 4. Caracterización de los suelos dedicados al cultivo de cacao en diferentes haciendas de la Península de Santa Elena.

Localización	Haciendas	ppm			meq/100gramos			ppm					pH	% MO
		N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B		
Chongón	1	22.0 M	3.0 B	18.3 M	0.2 M	13.3 A	4.2 A	6.1 M	56.3 A	9.5 M	1.4 B	0.1 B	6.7	3.2 M
	2	12.5 B	27.3 A	32.4 A	0.4 M	18.1 A	3.3 A	5.7 M	94.1 A	3.2 B	1.9 B	0.5 A	7.4	4.6 M
Consuelo	1	21.7 M	17.5 M	16.0 M	0.5 A	21.3 A	5.0 A	1.4 M	47.5 A	6.5 M	1.8 B	0.7 A	6.7	2.6 B
	2	15.9 B	30.1 A	14.5 M	0.9 A	19.8 A	4.6 A	3.2 M	39.2 M	3.2 B	1.8 B	0.4 M	7.5	1.4 B
Cerecita	1	13.0 B	25.8 A	19.6 M	0.8 A	17.3 A	5.2 A	3.8 M	33.2 M	4.4 B	2.6 B	0.3 M	7.2	2.1 B
	3	29.0 M	20.8 A	11.8 M	0.6 A	18.0 A	4.8 A	4.4 M	41.0 A	28.1 A	1.9 B	0.4 M	6.3	3.7 M
	4	25.3 M	24.2 A	21.0 A	1.0 A	22.5 A	6.1 A	1.5 M	21.2 M	3.0 B	2.0 B	0.4 M	7.3	2.1 B
San Isidro	1	16.4 B	36.0 A	7.9 B	0.7 A	16.4 A	5.5 A	4.1 M	86.4 A	24.6 A	2.0 B	0.3 M	7.4	1.7 B
	2	23.3 M	16.8 M	10.7 M	0.4 M	12.3 A	4.6 A	5.2 M	60.3 A	10.6 A	1.9 B	0.5 M	6.5	3.4 M
Progreso	1	38.8 M	39.8 A	19.5 M	0.5 A	19.0 A	4.7 A	3.9 M	36.8 M	4.2 B	6.6 M	0.3 M	7.2	2.0 B
	2	77.0 A	14.5 M	19.5 M	0.3 M	16.5 A	3.6 A	6.2 M	40.5 A	11.7 A	1.1 B	0.2 B	7.2	1.6 B
Nivel crítico		40	20	20	0.4	8	3	10	40	10	8	0.5	6.0	>5

A=Alto; M=Medio; B=Bajo

Localización	Haciendas	%			Clase Textural	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Bases
		Arena	Arcilla	Limo					
Chongón	1	51.0	30.3	18.7	Franco Arcillo Arenoso	3.2	20.7	86.6	17.7
	2	27.0	43.0	30.0	Arcilloso	5.0	6.0	35.7	22.8
Consuelo	1	32.8	43.8	23.5	Arcilloso	8.6	9.6	58.4	27.2
	2	27.0	43.0	30.0	Arcilloso	5.0	6.0	35.7	22.8
	3	19.6	44.5	35.9	Arcilloso	4.8	7.2	34.7	25.3
	4	25.7	40.1	34.2	Arcilloso	3.7	9.2	37.7	23.3
Cerecita	1	33.0	36.0	31.0	Franco Arcilloso	3.9	8.5	40.3	23.4
	2	30.0	40.3	29.7	Arcilloso	4.0	6.7	31.4	29.6
San Isidro	1	47.4	33.6	19.0	Franco Arcilloso	3.0	8.5	33.4	22.6
	2	46.0	32.7	21.3	Franco Arcilloso	2.7	12.2	46.7	17.3
Progreso	1	30.0	47.0	23.0	Arcilloso	4.6	8.6	47.3	22.7
	2	33.0	40.0	27.0	Arcilloso	4.6	9.7	54.4	20.5
Nivel crítico		20-52	7-40	15-50	Nivel adecuado	2.6-8	2.5-15	27.5-55	15-30

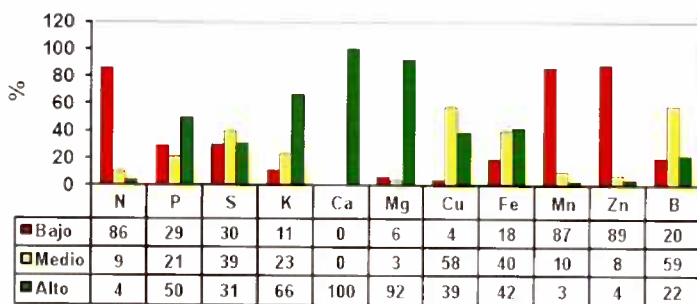


FIGURA 8. Porcentaje del estado nutricional de los suelos cultivados con cacao en 11 haciendas de la Península de Santa Elena.

ORIGEN DE LOS CLONES EET 544 y EET 558

A comienzos de la década de 1940, la United Fruit Company en colaboración con el gobierno del Ecuador, ejecutaron un proyecto para coleccionar mazorcas de cacao Nacional en huertas cacaoteras tradicionales del centro y sur del Litoral ecuatoriano. Las mazorcas provinieron de árboles que a simple vista parecían productivos y con baja incidencia de enfermedades, en un momento en que la producción del país trataba de recuperarse de los devastadores ataques de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y moniliasis (*Moniliophthora roreri*), que se iniciaron a partir de la década de 1920.

El objetivo integral del proyecto era sembrar, conservar y estudiar el material colectado para la selección posterior de individuos productivos con tolerancia a las enfermedades. La mayor parte de los árboles originados de las mazorcas colectadas se mantiene desde esa época en la finca experimental La Buseta, también conocida como Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT), en la parroquia Tenguel, provincia del Guayas. Actualmente, la finca está entregada en cal'dad de comodato a la UTEQ (Universidad Técnica Estatal Quevedo), que la recibió de parte de la Corporación Bolsa Nacional de Productos Agropecuarios en el 2002.

A comienzos de 1990, el INIAP con el apoyo de FUNDAGRO, inició los primeros estudios para conocer el comportamiento fenotípico y sanitario de un grupo de árboles de cacao presentes en la CCAT. Con dicho estudio se completó la caracterización de menos del 10% de los árboles allí presentes (actualmente existen más de 2000 árboles en la finca) durante los siguientes cuatro años, restando un número importante por caracterizarse. En 1995, un total de 41 árboles considerados superiores por sus atributos de productividad, sanidad y rasgos fenotípicos cercanos al cacao Nacional, se multiplicaron e introdujeron como clones desde la finca la Buseta a la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Los clones introducidos fueron sembrados en parcelas de observación para monitorear su reacción frente al ambiente de la zona de Quevedo, por dos razones. Primero, porque experiencias internacionales y locales, señalan que existe poca correlación entre el desempeño productivo de un árbol proveniente de semilla y el desempeño productivo de su descendencia clonal. Y segundo, porque el cacao es una especie marcadamente sensible a la interacción genotipo ambiente, es decir que un mismo clon puede comportarse diferente en ambientes distintos.

El grupo de parcelas de observación iniciadas con estos clones, se amplió con la introducción de otras 63 accesiones a mediados de la década de 1990, desde varias fincas en distintas zonas cacaoteras del Litoral, como producto de un esfuerzo colaborativo entre el MAG, INIAP y NESTLE. De esta manera fue conformándose la Colección de Genotipos de Cacao Nacional del Ecuador, conocida local e internacionalmente como CGN. Nuevas entradas vienen incrementando año a año la diversidad genética de esta colección que actualmente cuenta con 150 accesiones de cacao.

En el primer semestre del 2000, el INIAP analizó la información acumulada hasta ese momento sobre los cultivares de la colección CGN, particularmente de aquellos que se habían sembrado más temprano. El análisis concluyó con la selección de un grupo de clones cuyo comportamiento prometedor les otorgaba méritos para estudios avanzados en pruebas multilocales, con el fin de observar su flexibilidad adaptativa y posible potencial comercial en otras zonas. Los clones seleccionados recibieron la codificación EET, utilizada por el INIAP para identificar las variedades que son producto de sus procesos de evaluación, selección y mejoramiento genético del cacao.

Durante el 2001, los clones seleccionados se multiplicaron para el establecimiento de pruebas multilocales de evaluación, en el marco del proyecto "Obtención de un policlon de cacao mejorado de tipo Nacional a partir de la evaluación de clones élite". El clon CCN-51 se incluyó como control en todas las pruebas. El proyecto aprobado formalmente por el INIAP en el 2001, se ejecutó desde el primer trimestre del 2002 hasta Diciembre 2007 en varias zonas de la costa ecuatoriana, entre ellas el sector de Chongón, en la península de Santa Elena.

En Chongón, la prueba se condujo en la Granja experimental del mismo nombre. Para esta actividad, el INIAP contó con la colaboración de CEDEGE, ANECACAO y USDA. El estudio comparativo se llevó a cabo bajo condiciones de irrigación, utilizando un sistema de riego por goteo, para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, cerca de 800 mm de agua por hectárea en el sitio experimental, durante el largo periodo seco característico de la zona.

Aunque el cacao recibió riego durante la época seca, la práctica sufrió de interrupciones frecuentes por diferentes motivos, limitándose en diverso grado la satisfacción del requerimiento hídrico de las plantas. Esta circunstancia combinada con otras que no tiene caso mencionar, impidieron que el cultivo desarrolle la expresión de todo su potencial productivo, pero de ninguna manera desmerece la significación de los resultados logrados, pues las limitaciones afectaron por igual a todos los clones sujetos a comparación.

En febrero 2006, el diario El Universo publicó en la Sección Agraria, una extensa nota sobre los resultados prometedores que venían observándose en las parcelas de cacao en Chongón. En el primer cuatrimestre del 2007, el INIAP realizó una reunión técnica en el sitio experimental, al cual asistieron unas 50 personas, para conocer la opinión de un grupo de operadores de la cadena del cacao, sobre las características de los clones EET 544 y EET 558, que hasta ese momento venían mostrando mejor desempeño productivo que los otros clones de cacao Nacional incluidos en el estudio. La retroalimentación recibida fue valiosa y en el primer trimestre del 2008 se completó el análisis estadístico de los datos de rendimiento acumulados hasta Octubre 2007.

El análisis determinó que efectivamente los cultivares con mejor comportamiento productivo en la zona de Chongon son los clones EET 544 y EET 558. Ambos al-

canzaron rendimientos individuales equivalentes al 113.8 y 106.6 por ciento respectivamente, en comparación con lo que rindió el control CCN-51, pero en términos estadísticos los tres clones presentan igual productividad. En el primer semestre del 2008 también se completaron los análisis genéticos, químicos y sensoriales para dotar de una mejor caracterización a los clones seleccionados.

RENDIMIENTO DE LOS NUEVOS CLONES

Al año y medio del trasplante los clones EET 544 y EET 558 ya habían producido alrededor de 50 kilogramos de cacao seco por hectárea. Según el Cuadro 5, el promedio de rendimiento alcanzado por EET 544, EET 558 y CCN 51 durante el periodo 2005-2006, en el mismo orden fueron: 1613, 1559 y 1347 kilogramos por hectárea. En el mismo Cuadro se exhiben los respectivos índices de mazorca (número de mazorcas necesario para producir un kilogramo de cacao fermentado y seco) y de de semilla (peso promedio de una semilla en gramos)

El menor índice de semilla del clon EET 558 es coherente con su mayor índice de mazorca. A pesar de que el índice de semilla del clon EET 544 es ligeramente inferior al del CCN-51, en cambio sus índices de mazorca difieren ampliamente, con el CCN-51 presentando el índice más bajo entre todos. Parte de esta diferencia se explica porque el número promedio de almendras por mazorca para el CCN-51, supera en un 15% al de los clones EET 544 y EET 558 y también por el mayor grosor de la cáscara de la mazorca que presentan estos últimos (Figura 9). Sin embargo, la mayor cantidad de mazorcas sanas acumuladas para los clones EET 544 y EET 558 durante 46 meses de registro, logra igualar la productividad de los tres clones. Los índices de mazorca más altos para los dos clones de cacao Nacional, seguramente van a incidir en el aumento de los costos operativos relacionados con la cosecha. Pero a manera de compensación, el mayor número de mazorcas cosechadas, representan más materia orgánica retornada al campo en forma de cascarones para beneficio del suelo y la productividad de la plantación.



FIGURA 9. Morfología y grosor de la cáscara de las mazorcas de los clones EET 544 y EET 558 comparados con CCN-51.

Las diferencias del rendimiento acumulado entre los clones EET 544 y EET 558, al compararse con el CCN-51, son del 13.8 y 6.6 por ciento respectivamente, a favor de los primeros. El rendimiento promedio combinado para los años 2005-2006, sigue estrechamente el rendimiento acumulado para el periodo enero 2004-octubre 2007 (octubre fue el último mes para el cual se registraron datos de cosecha). Los resultados mirados en conjunto, aportan consistencia a las diferencias de rendimiento observadas a lo largo del periodo de evaluación. Sin embargo, en términos prácticos, el análisis estadístico demostró que las diferencias numéricas entre los rendimientos de los tres clones, no se tradujeron en diferencias reales, llegando a la conclusión que bajo las condiciones del estudio, los cultivares EET 544, EET 558 y CCN-51 alcanzaron una productividad similar.

CUADRO 5. Características agronómicas y productivas de los clones EET 544 y EET 558 recomendados para la siembra de cacao bajo riego en la península de Sta. Elena, comparados con el clon CCN-51 bajo las mismas condiciones de climatología, suelo y manejo.

Clones	Índice se semilla	Índice de Mazorca	Rendimiento de cacao seco kg/ha		Mazorcas sanas acumuladas/ha
			Promedio 2005-2006	Acumulado*	
EET-544	1.5	22	1613.2	5150.5	109742
EET-558	1.3	24	1559.2	4824.5	112828
CCN-51	1.6	18	1346.8	4524.0	77029

* Acumulado durante el periodo de observación: enero 2004-octubre 2007 Fecha de siembra: febrero del 2002

OTRAS CARACTERÍSTICAS

Los clones EET 544 y EET 558 tienen un hábito de crecimiento semi-erecto. Los picos de floración principal ocurren en el primer y tercer trimestre del año. Son auto-compatibles, es decir que sus flores poseen la capacidad de auto fecundarse con su mismo polen, un rasgo similar al que posee el CCN-51. Sin embargo, en repetidos ejercicios el EET 544 mostró menores índices de auto compatibilidad que el EET 558. Ambos clones también tienen inter compatibilidad, es decir que pueden cruzarse y fecundarse entre ellos y con el polen de otros clones de cacao Nacional.

Las mazorcas son de tamaño mediano a grande, amarillas cuando maduran y su morfología es cercana a la de la mazorca típica del cacao Nacional. En el caso del clon EET 544 la mazorca tienen en promedio 45 semillas por fruto, mientras que en el EET 558 el número promedio es de 43. En ambos, la semilla sin pulpa presenta una coloración púrpura o morada. El largo, ancho y espesor promedio de la semilla del EET 544 tiene los siguientes valores: 2.21, 1.16 y 0.70 cm., mientras que para el EET 558 dichos valores son en el mismo orden: 2.15, 1.13 y 0.68 cm. Para el clon EET 544 la testa o cascarilla representa el 12.4 por ciento, mientras que para el EET 558 representa el 14.6 por ciento del peso total de las almendras fermentadas y secas.

En la Figura 10 se presentan los valores para la desviación estándar del peso de las semillas para EET 544 y EET 558: 0.20 y 0.15, respectivamente. También la distribución de frecuencias y porcentajes de almendras grandes, medianas y pequeñas para los mismos clones. Como valor referencial, se presenta similar información para el clon CCN 51, y para una muestra de cacao procedente de una huerta tradicional en la zona de Quevedo.

La relevancia de esta comparación reside en que los clones de cacao Nacional recomendados por este Boletín, exhiben un grado mucho mayor de homogeneidad en el peso de las almendras, comparado con aquellas provenientes de la huerta tradicional. Aunque el CCN-51 aun sigue mostrando el más bajo porcentaje de almendras pequeñas (3.7 por ciento) que los clones EET 544 y EET 558, éstos últimos con 6 por ciento y 21.8 por ciento de almendras pequeñas, han mejorado considerablemente en este aspecto. Por el contrario, el 46.6 por ciento de las almendras provenientes de la huerta tradicional, se ubicaron en el extremo inferior de la distribución del peso, es decir que son almendras pequeñas. En este punto cabe aclarar que existe una relación directa y estrecha entre el peso y el tamaño de las almendras.

Los cacaos con más homogeneidad en cuanto al peso de las almendras, poseen un mayor valor para la industria. Esto se debe a que dentro de un lote, más almendras se ubicarán en el rango con mayor peso y tamaño. La Figura anterior muestra con claridad que los clones mejorados de cacao Nacional producen almendras más grandes que el cacao de la huerta tradicional. Sumando las categorías ASS y ASSS que son las de mayor calidad, el EET 544 contiene el 94 por ciento por ciento y el EET 558 el 78 por ciento de las almendras, dentro de este rango ampliado. En muestras de cacao de las zonas de Naranjal y Esmeraldas, los autores observaron que el porcentaje de almendras dentro de la categoría ASE, que son las almendras más pequeñas, resultó ser del 43 por ciento y 51 por ciento, respectivamente.

Los contenidos de grasa, teobromina, cafeína y relación teobromina / cafeína son: 52.37 %, 1.86 %, 0.43 % y 4.33 para el EET 544, mientras que para el EET 558 los valores en el mismo orden son: 53.58 %, 1.91 %, 0.36 % y 5.32. Además de los sabores básicos (cacao, acidez, amargor, astringencia), la pasta de cacao proveniente de ambos clones, presenta notas sensoriales relacionadas con los aromas floral, frutal y nuez, en niveles variables. Estos indicadores tomados en conjunto, ubican a los clones EET 544 y EET 558 dentro del grupo de los cacaos finos o de aroma.

Identidad genética

El uso de técnicas de biología molecular, particularmente marcadores del tipo microsatélite, permitió definir la identidad y relación genética de los clones EET-544 y EET-558 con otros genotipos. La definición de su identidad, se realizó comparando sus perfiles genéticos con el de un genotipo (individuo con una particular combinación de genes) de la variedad Nacional, poseedor de un alto nivel de

homocigosis (escasa presencia de genes provenientes de tipos de cacao diferentes al cacao Nacional) y productor de almendras con sabor "Arriba". Además, la comparación con el perfil genético del clon comercial CCN-51, permitió reforzar la identificación de los clones recomendados en este Boletín, como miembros de la población cubierta por la variedad de cacao Nacional.

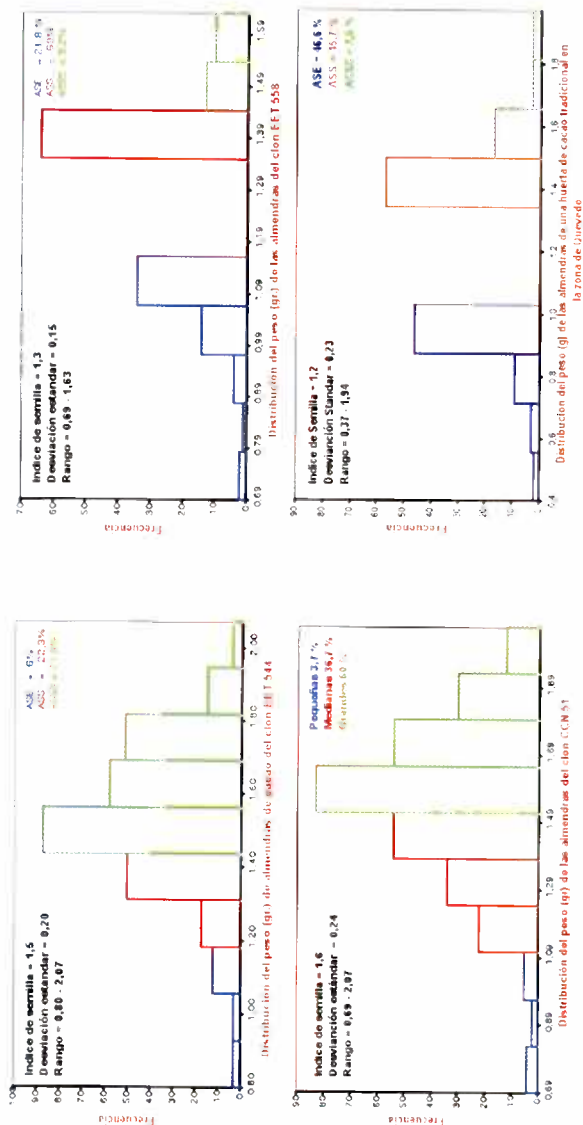


FIGURA 10. Distribución de la frecuencia del peso de las almendras de los clones EET 544, EET 558, comparados con el CCN 51 y una muestra tradicional de cacao Nacional

El representante de cacao Nacional con el cual se compararon los clones EET 544 y EET 558, es un árbol de más de un siglo de edad, observado y colectado en la parroquia Quiroga, cerca de la localidad de Calceta, provincia de Manabí. Clones de este árbol codificado como B-240 en su tarjeta de ingreso-pasaporte, se conservan en la colección CGN de la E. Pichilingue. La caracterización molecular de este clon, como parte de un estudio previo en que participaron otros 300 individuos, permitió descubrir que presenta un elevado nivel de pureza genética (80 por ciento de homocigosis) y los rasgos sensoriales propios de la variedad de cacao Nacional.

Las relaciones genéticas se analizaron tomando como base las frecuencias alélicas obtenidas y evaluadas mediante una matriz de disimilitud genética. En el dendograma (instrumento estadístico para ilustrar las distancias genéticas entre genotipos de cacao) exhibido en la Figura 11, se aprecia claramente la cercanía genética de los clones EET-544 y el EET-558, entre ellos y con el B-240. Cabe indicar que EET 544 y EET 558 tienen 40 por ciento y 50 por ciento de homocigosis, respectivamente; es decir que comparten alelos específicos del árbol B-240 en esa proporción, lo que explica la cercanía observada en el dendograma. Por el contrario, los tres clones se ubicaron a una gran distancia del clon CCN-51. Ninguno de los alelos (todas las posibles estructuras moleculares alternas de un gen en particular) que compartieron los clones EET 544, EET 558 y B-240, estuvieron presentes en el perfil genético del clon CCN-51. Con base en esta información, se llega a la conclusión de que los clones EET 544 y EET558 son miembros de la población de cacao Nacional que existe en el país y por tanto pertenecen a esta variedad.

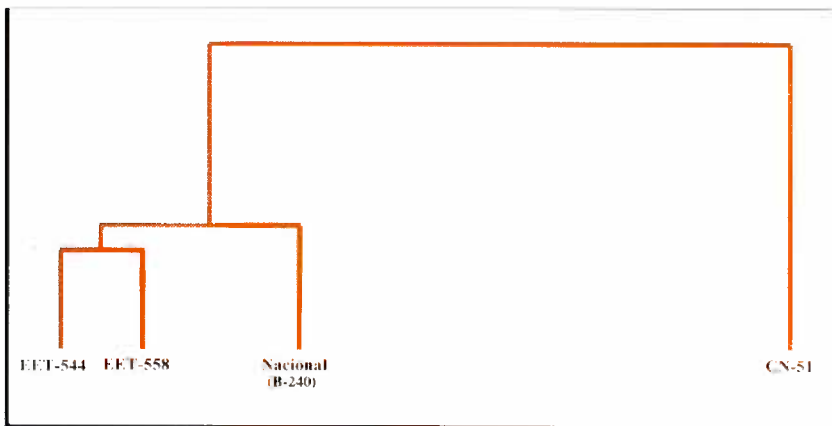


FIGURA 11. Relación genética entre los clones EET-544 y EET-558 con un árbol dotado de alta pureza genética de la variedad Nacional y el clon CCN-51

GUÍAS PARA EL MANEJO AGRONÓMICO

Sistema de siembra

Los clones recomendados pueden sembrarse alternando hileras de uno y otro clon, o alternando bloques de cinco hileras de cada clon para aumentar la polinización cruzada. Esta alternancia complementa en gran medida la característica de autofecundación que poseen ambos clones, autofecundación que responde solo por el 50 por ciento de las flores fecundadas pues el resto ocurre por polinización cruzada. Por tanto al adoptar esta estrategia se aumenta la eficiencia de la polinización y fecundación de las flores del cacao.

Además, la siembra en bloques permite la identificación de los clones y facilita su manejo en caso de que por algún motivo, por ejemplo para hacer coincidir con mayor precisión la poda y el periodo de descanso de los árboles, cada uno demande un plan de manejo más específico. La siembra en bloques también facilitaría la cosecha separada si surgieran razones comerciales para procesar la producción de cada clon individualmente.

Distancia de siembra y transplante

Se recomienda la siembra de estos clones a un distanciamiento de 3 x 3 m que equivalen a una población de 1111 plantas por hectárea. El mismo distanciamiento sirve para sembrar el plátano como sombra temporal. En la medida de lo posible la sombra temporal ya debe estar establecida al momento del transplante del cacao. La siembra se puede realizar en el sistema de marco real o en el de tres bolillos; este último sistema genera un pequeño aumento del número de plantas por hectárea.

Para asegurar los mejores resultados en el transplante, el brote más joven de la plántula de cacao debe mostrar un grado avanzado de maduración, preferible con el último par de hojas completamente verdes. Siempre que sea posible, evite la siembra de plántulas con hojas tiernas, traslúcidas y aun sin suficiente clorofila; ellas sufren intensamente el rigor del transplante y su sobrevivencia en el sitio definitivo puede verse comprometida.

Una medida para atenuar el rigor del transplante, consiste en proporcionar algún tipo de cobertura a las plántulas recién sembradas. Con este propósito, en zona cacaoteras más húmedas, se usan hojas de palma africana, palma de coco o paja toquilla. Estas se doblan por la mitad y se colocan a manera de techo "doble agua" sobre cada plántula, sin entrar en contacto con ella. La adquisición de este material que siempre debe ser fresco, obviamente es complicado en áreas semi áridas como la zona peninsular, pero en caso de que existiera alguna forma de hacerlo, el cacao recién sembrado reaccionará favorablemente a este tratamiento.

Sin el debido cuidado, sólo el hecho de retirar bruscamente la funda y manipular el "pan" de tierra para colocar la planta en el hoyo de siembra, disturba y provoca agresiones a las raicillas más tiernas y susceptibles a este tipo de rigores, disminuyendo temporalmente el ritmo de absorción de agua y nutrientes por las plantas. Este es el motivo de la cobertura: proteger a las plántulas de la excesiva transpiración en los primeros días después del trasplante, cuando el sistema radicular en proceso de adaptación y formación de nuevas raíces, disminuye su capacidad de absorción de agua en cantidad suficiente para satisfacer la demanda hídrica de las plántulas. La cobertura se retira máximo tres a cuatro semanas más tarde, para evitar exceso de sombreado, particularmente si la sombra temporal de plátano ya está en pie y cumpliendo su papel. Esta práctica representa un rubro y costo de operación adicional al trasplante, pero por experiencia de los autores contribuye al buen comienzo de la plantación.

Los hoyos para el trasplante deben ser amplios, preferiblemente con dimensiones de 30 x 30 x 30 cm. (longitud x ancho x profundidad) e incluso 40 x 40 x 40 cm. Mejor es hacerlos con antelación de varias semanas al trasplante, para el desmenuzamiento (a veces hay presencia de "terrones" medianos y grandes) y oxigenación de la tierra excavada, la misma que se coloca a un costado del hoyo. La siembra en hoyos pequeños y estrechos, dificultan el temprano desarrollo radicular, más aun en terrenos arcillosos que presentan más resistencia al avance de las raíces, como es el caso de muchos suelos en la península de Sta. Elena.

La tierra colocada a un costado del hoyo se mezcla con 100 a 120 g de superfosfato triple, fosfato diamónico o un abono completo con alto contenido de fósforo, por ejemplo el de fórmula 10-30-10, ampliamente disponible en el mercado. Siempre tenemos que asegurar una alta disponibilidad de fósforo en el suelo del sitio de siembra al momento del trasplante. Esta condición promueve un abundante crecimiento de las raicillas absorbentes, ayudando a las plantas a recuperarse en corto tiempo del rigor del trasplante. Las plantas absorben agua y nutrientes sólo por sus raicillas más jóvenes y aún en éstas, sólo a través de unos pocos milímetros en su extremo, circunstancias que justifican este tipo de atenciones para el trasplante del cacao. Evite sobredosis de fertilización al hoyo pues el cacao es muy susceptible a la toxicidad por fertilizantes.

Aquellas condiciones que estimulan la proliferación de raicillas (suelo suelto, humedad suficiente, alta concentración de fósforo y otros nutrientes en la zona radicular), facilitan también la rápida recuperación de las plantas después del trasplante, contribuyendo a que la plantación de cacao comience con buen pie. El buen establecimiento inicial de las plántulas, manteniendo los otros factores de producción (principalmente riego y abonamiento) en un nivel adecuado, se traduce después en plantas precoces con abundante fructificación. Como principio, todo ser vivo funciona así, y el cacao nunca podrá compensar el efecto perjudicial de uno o más factores limitantes durante la fase de establecimiento, efecto que se ve-

rá reflejado posteriormente en el desarrollo y productividad.

La disponibilidad de abono orgánico es un insumo valioso por su valor nutritivo y para el acondicionamiento físico del suelo. Siempre que nos aseguremos de que se encuentra bien descompuesto, se puede mezclar con la tierra que salió del hoyo, en proporción de una parte de abono orgánico y tres de tierra. Sin embargo, si se observa o hay la sospecha que el material orgánico no está bien descompuesto, evite la mezcla pues bajo esta condición se liberan sustancias (taninos) que perjudican la formación de las raicillas absorbentes, causando el debilitamiento e incluso muerte de las plántulas.

Los autores han observado el efecto depresivo de la materia orgánica poco descompuesta (adquirida como "compost" en sitios dedicados a este negocio) sobre las plántulas en el vivero y en el campo. Además, mientras el material orgánico completa su descomposición, compite paralelamente por nutrientes con el cacao. Este fenómeno ocurre porque los organismos que impulsan su descomposición, toman nutrientes disponibles en el suelo para aumentar sus poblaciones microbianas y hacer su trabajo. En todo caso, el abono orgánico que aun no está bien descompuesto, si se puede colocar sobre el suelo alrededor de las plantas en la modalidad de corona, después del trasplante o semanas más tarde, sin riesgo de que se produzcan efectos indeseables sobre el establecimiento del cultivo.

Una parte de la tierra mezclada con el abono se coloca en el fondo del hoyo, luego se introduce la planta con su "pan" de tierra, rellenándose el hoyo con el resto de la mezcla. Siempre que haya suficiente humedad, las plantas responderán rápidamente a este tratamiento con vigor renovado y temprano desarrollo vegetativo. La práctica del abonamiento de la tierra con que se llena el hoyo del trasplante, es esencial para garantizar el buen establecimiento de plantas perennes como el cacao.

La experiencia de los autores ha demostrado que nunca debe obviarse este paso. En un estudio se encontró que era posible observar el efecto de la fertilización al hoyo, aún después de varios años de la siembra, comparando plantas que recibieron este tratamiento, con aquellas que no se beneficiaron del fertilizante, demostrando que la plantación construye su desarrollo futuro sobre el vigor inicial del cultivo. Por lo tanto, cualquier medida para incrementar este vigor es una buena inversión para garantizar el futuro productivo de la plantación.

Al colocar la tierra en el hoyo, evite la formación de bolsas de aire ya que éstas interfieren con el proceso de enraizamiento. Por esta razón, la tierra se apisona ligeramente a medida que el hoyo se va rellenando; también se apisona la superficie del suelo al terminar el trasplante. La planta se ubica en el hoyo de tal forma que el cuello de la raíz en su unión con el tallo, se sitúe al mismo nivel que la superficie del suelo. En el caso en que el cuello de la raíz se encuentre a un nivel más bajo, se corre el riesgo de que la base del tallo y aun el punto de inserción del in-

jerto sufran con pudriciones. El riesgo de pudrición es mayor en suelos arcillosos con drenaje restringido. Transcurridos los dos o tres primeros meses del trasplante y una vez que las plantas ya están establecidas, se procede a aplicar una pequeña dosis (150 g) de fertilizante completo en corona a su alrededor, pero nunca en contacto con el tallo. Mejor si se puede incorporarlo en el suelo en pequeños hoyos (abiertos con el extremo de un machete) alrededor del tallo.

Aún tomando estas precauciones, siempre existe el riesgo de que por alguna razón algunas plantas no sobrevivan a la etapa de trasplante. Usualmente esto ocurre en un porcentaje del 2 al 3%. Porcentajes superiores de pérdidas, reflejan defectos serios en el proceso del trasplante o material de siembra de pobre calidad (raquítico, con pocas hojas verdaderas, sobre crecido, etc). Teniendo en cuenta este riesgo, debe contarse con la disponibilidad de un margen adicional de plantas para cubrir tal contingencia con resiembras oportunas. El abonamiento al hoyo no se repite durante la resiembra.

Plantas en crecimiento

Abonamiento

Durante los dos años posteriores al trasplante la plantación se abona al inicio y salida de la estación lluviosa, mediante una fórmula de fertilización basada en nitrógeno, fósforo y potasio, complementada con micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, boro, etc) cuando sea necesario. Si la plantación esta dotada de un sistema de fertigración (riego y fertilización combinada), la fertilización puede distribuirse mensualmente, disuelta en el agua de riego. El asesoramiento de expertos en el tema es conveniente para la mejor implementación de esta práctica. En suelos con valores de pH cercanos o superiores a la neutralidad, como es el caso muchos suelos en la zona peninsular, la baja disponibilidad de micronutrientes siempre es un riesgo, debiendo tomarse en cuenta este factor al momento de formular una estrategia correcta de fertilización.

Las recomendaciones sobre que, como y cuando fertilizar, deben ser formuladas también por especialistas en la materia, apoyándose en los resultados del análisis de fertilidad del suelo e información del productor respecto al manejo que vienen recibiendo la plantación y la productividad obtenida, en caso de que ya se hayan producido las primeras cosechas. Asumimos que el material de siembra utilizado es calificado, de origen conocido y dotado de potencial productivo, como los clones que se recomiendan en el presente Boletín.

Orientaciones para asegurar la representatividad de las muestras de suelos destinadas al análisis de fertilidad, se consiguen en cualquiera de las Estaciones experimentales del INIAP. El concepto de representatividad de la muestra, es clave para sacarle máximo provecho a los resultados del análisis. Las muestras sin representa-

tividad se deben a la aplicación de procedimientos incorrectos para el muestro del suelo. Si este es el caso, la información proporcionada por el análisis de fertilidad tendrá poca utilidad y conducirá a recomendaciones erróneas, desperdicio de recursos, y sobreestimación o sub estimación de los requerimientos de fertilización. La solicitud al laboratorio acerca del análisis de salinidad del suelo (conductividad eléctrica) y calidad del agua de riego, también es información valiosa para planificar la operación del cacao bajo riego, como es el caso en la zona peninsular y otras en el país.

De manera general, sólo como valores referenciales, sin descartar el análisis de suelos y el asesoramiento experto para recomendaciones más precisas y mejor adaptadas a las circunstancias del entorno ambiental en que se desenvuelve el cacao, se recomienda aplicar media libra de fertilizante por planta al finalizar el primer año y una libra al finalizar el segundo año. La mitad de esas cantidades esta compuesta de urea u otro fertilizante con alto contenido de nitrógeno, el sulfato de amonio por ejemplo, o mejor una combinación de ambos para asegurar un suministro equilibrado de nitrógeno y azufre al suelo. El resto de la dosis se completa con un fertilizante completo (10-30-10, 8-20-20, etc). Más adelante en este Boletín, el lector encontrará recomendaciones más afinadas y formuladas exclusivamente para el cultivo del cacao en la península de Santa Elena.

Al abonar el cacaotal, casi siempre se presta más atención al nitrógeno y menos a otros nutrientes esenciales, que usualmente también están en deficiencia. Uno de esos nutrientes es el azufre, el cual recibe poquísima atención, aunque su deficiencia es frecuente, particularmente en suelos con bajo porcentaje de materia orgánica, un fenómeno que es la regla antes que la excepción en la mayoría de los suelos. La sugerencia de combinar la urea con el sulfato de amonio nace de este razonamiento y también de la experiencia de los autores.

Normalmente, también se presta poca atención a los micronutrientes en un plan de abonamiento. Además, a menudo sus índices de disponibilidad no son solicitados como parte del análisis de suelo. En sistemas de producción con objetivos de alta productividad, este aspecto nunca debe descuidarse. Aunque son varios los factores que influyen sobre la accesibilidad de los micronutrientes a las plantas, un factor importante está relacionado con el pH del suelo. A medida que el pH supera la barrera de la neutralidad (7.0), comienza a influir negativamente sobre la solubilidad y disponibilidad de micronutrientes como el hierro, zinc, manganeso y otros. Esta afirmación esta claramente demostrada para los suelos del sector de Chongón y otros en la península, donde son comunes suelos con valores de pH de 7.2, 7.3, 7.4 y aún más altos.

Valores de pH superiores a 7.0 combinado con la salinidad del suelo, si ésta última representa un problema de manejo, acentúan la escasa disponibilidad de los micronutrientes. Es conveniente señalar que bajo condiciones de salinidad (y también

bajo otras situaciones de estrés), las plantas presentan ritmos más acelerados de respiración para liberar energía adicional. La cadena de oxidación (respiración) en sus diferentes eslabones, necesita de compuestos enzimáticos (moléculas que controlan la velocidad de las reacciones químicas a nivel celular) y éstos contienen micronutrientes como parte de su estructura, ocasionando un incremento en su demanda de absorción. Esta aclaración pudiera aparecer muy científica y talvés poco práctica, pero en el contexto del presente Boletín, al vincularla con aspectos mejor conocidos como el pH, salinidad y micronutrientes del suelo, los autores buscan contribuir a la mayor comprensión y reforzamiento de la importancia del manejo tecnológico de estos últimos factores.

Si la plantación no dispone de un sistema de fertirrigación, es conveniente fraccionar la aplicación del fertilizante nitrogenado al comienzo y final de la época de lluvias. Así disminuye el riesgo de que el nitrógeno se lixivie (movimiento vertical de los nitratos que son transportados por el agua de infiltración fuera del alcance de las raíces) en periodos de lluvias abundantes. Este nutriente también se puede perder con el agua de escurrimiento a lo largo de las pendientes del terreno. Por otro lado, la práctica de fraccionar el abonamiento nitrogenado, reduce también el riesgo de la desnitrificación de los nitratos (se convierten a una forma gaseosa seguida de volatilización) y consiguiente pérdida del nitrógeno aplicado, fenómeno común en terrenos que sufren encharcamientos localizados y drenaje restringido.

Por los motivos señalados, el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada sirve para que el cacao se beneficie de la mayor parte del nitrógeno aplicado como fertilizante. Sin embargo, el uso de la fertirrigación, como tecnología de vanguardia, puede reducir grandemente los problemas antes anotados; además, permite acoplar de la mejor manera los ritmos de la demanda nutritiva de las plantas y la presencia de los nutrientes en el suelo, incrementándose sustancialmente la eficiencia del abonamiento.

La incorporación de los fertilizantes (8 a 10 cm. de profundidad), en 4 a 6 pequeñas aberturas hechas en el suelo alrededor de la planta, a una distancia de medio metro del pié de la planta, utilizando para el efecto un machete de hoja ancha, pa-las de desfonde u otra herramienta que sirva para este fin, también contribuye al incremento de su eficiencia de uso. Además, el cacao responde más rápido a la fertilización, siempre que haya humedad suficiente. Después de colocar el fertilizante en las aberturas realizadas en el suelo alrededor del tallo, se presiona con el pié para cubrirlo con tierra. Es cierto que en el proceso de hacer las aberturas se cortan algunas raíces, pero en poco tiempo la pérdida se compensa con abundante desarrollo radical, principalmente raicillas absorbentes, alrededor de los puntos de concentración del fertilizante. Bajo buenas condiciones de humedad y fertilidad del suelo, las raicillas absorbentes deben producirse constantemente, considerando que tienen poco tiempo de vida, de 1 a 10 días.

Recuerde que la aplicación de fertilizantes en suelo seco es una pérdida parcial de recursos, particularmente en cuanto al nitrógeno se refiere, sin beneficiar al cultivo, al menos no en el corto plazo. Sin agua disponible, una porción importante de nitrógeno pasa a la fase gaseosa por un proceso diferente al producido por el encharcamiento del suelo, e inmediatamente se volatiliza y difunde en la atmósfera. Este fenómeno es particularmente cierto en suelos secos con valores de pH neutros o superiores, como en el caso de la mayoría de los suelos en la zona peninsular. El fósforo y potasio, no salen del ámbito del suelo, pero se quedan allí sin uso hasta que haya suficiente humedad.

Por lo tanto, debe evitarse el error de fertilizar en suelo seco, a menos que se haya planificado la aplicación del riego inmediatamente después del abonamiento. Los nutrientes sólo son absorbidos por las raíces cuando están disueltos en el agua del suelo, y siempre que haya oxígeno suficiente. Tampoco hay absorción de nutrientes en terrenos saturados de agua o encharcados, simplemente porque la absorción nutritiva por la plantas necesita de respiración activa en sus raíces, en presencia de oxígeno en los poros del suelo. La difusión del oxígeno en suelos saturados de agua, es 10,000 veces menor que en suelos que no presentan este problema, aclaración que ayuda a entender fácilmente el problema de la limitación en la absorción de los nutrientes, en condiciones desfavorables.

La cantidad de fertilizante por árbol debe ir ajustándose con el tiempo, para satisfacer la creciente demanda nutritiva del cultivo, a medida que las plantas aumentan gradualmente su volumen estructural y producción, particularmente si se han fijado altas expectativas de productividad. Y este debería ser el caso para beneficiarse del potencial de rendimiento de los clones de cacao Nacional que se están presentando mediante este Boletín.

Podas

Las podas en el cacao son de tres tipos: formación, mantenimiento y sanitaria. La poda de formación se realiza después del primer año del trasplante en adelante, máximo hasta los dos años, y siempre durante la época seca. La decisión de hacer esta poda no debe tardar mucho, pues la formación temprana del árbol es un detalle importante en la conformación de la plantación. Sin embargo, evite la eliminación de mucho tejido vegetativo como resultado de la aplicación de una poda demasiado drástica. La drasticidad de la poda, limita en forma importante la acumulación de reservas suficientes para el desarrollo de la precocidad y producción temprana del árbol. Además, a mayor drasticidad la brotación es más abundante, consumiendo las reservas que aun le quedan a la copa y postergando la fructificación hasta cuando haya suficientes reservas almacenadas.

Con la primera poda se inicia la selección de ramas estructurales (3 a 4 ejes), es decir los ejes principales que darán forma y sustento a la futura copa; por eso se la

llama poda de formación. Mientras la "copa" se acerca más a esa figura, la ideal en la naturaleza para captar más energía solar, los beneficios para la productividad se hacen también más evidentes. La tarea no es fácil pero si necesaria; debe ser orientada por personas con experiencia y una clara comprensión de los fundamentos fisiológicos y morfológicos en que se basan las podas. Desafortunadamente éste no siempre es el caso; a menudo esta práctica tan importante, se considera sólo como un "aclareo" y corte de ramas, sin disponer de mayor criterio orientador.

Bajo las condiciones de Chongón, el estudio realizado demostró que la incidencia de enfermedades en los brotes vegetativos (prácticamente no se observó escoba de bruja) y frutos es baja, sin justificar la aplicación de controles sanitarios intensivos. Sin embargo, si en algún momento se incrementa la incidencia de enfermedades en niveles importantes, es conveniente disponer de orientaciones para la implementación de una estrategia de control integral. El control químico es uno de los componentes de dicha estrategia.

Usualmente, el organismo causal de la escoba de bruja infecta los brotes tiernos y no ataca a los brotes adultos. La infección comienza aproximadamente a las dos o tres semanas después que se inicia el periodo lluvioso, coincidiendo con brotaciones intensas de las plantas de cacao. En este escenario, los brotes pueden protegerse con aplicaciones de fungicidas, particularmente de hidróxido de cobre (Kocide) en dosis de 1.5 kg./ha, o Clorothalonil (Bravo 500) a razón de 1 kg./ha. Los tratamientos son quincenales durante los siguientes dos a tres meses, o durante periodos de intensa floración y fructificación en la época lluviosa, cuando hay mayor presencia de la enfermedad.

Pruebas recientes con Azoxistrobina (Bankit AZ), un fungicida sistémico, a razón de 500 cc/ha, han exhibido excelentes resultados en la protección de brotes y frutos jóvenes, aunque se recomienda aplicarlo combinado con un emulsificante para mejorar su acción de control. De cualquier manera, es conveniente asesorarse con expertos en el tema para construir decisiones mejor informadas y efectivas, en relación con el uso de agroquímicos para el control de enfermedades y para evitar riesgos de cualquier naturaleza, al operador de los equipos de aplicación.

Los brotes enfermos con escoba de bruja, usualmente no causan la muerte de las plantas jóvenes, aunque si retrasan significativamente su crecimiento. Según experiencia de los autores, el retraso puede representar hasta un tercio menos de desarrollo vegetativo, en comparación con las plantas que no fueron atacadas por la enfermedad. En ambientes muy infectivos, hasta el 60 por ciento de las plantas de una plantación pueden ser tempranamente atacadas por la enfermedad. La aplicación de fungicidas reduce este porcentaje al mínimo. Afortunadamente, la incidencia de las enfermedades en el sector de Chongón, no representa hasta ahora, un problema importante.

Además de proteger los brotes y reducir drásticamente el porcentaje de infección, los tratamientos fungicidas protegen también los frutos en sus estadios tempranos de desarrollo, particularmente durante las primeras 10 semanas de edad, cuando presentan mayor susceptibilidad a la infección por los organismos causales de escoba de bruja y moniliasis. Con el cuidado necesario durante las etapas de vivero y transplante, a los 18 meses de establecimiento en el campo, del 10 al 20% de las plantas, ya tiene de 15 a 20 frutos jóvenes formándose por árbol. El resto de las plantas irá gradualmente entrando en producción durante los siguientes doce meses.

Riego

El promedio anual de lluvias en el sector de Chongón es de 746 mm, concentrados en los primeros cuatro meses del año. Sin embargo, la desviación estándar de ese promedio es amplia, es decir hay años con poca lluvia (tan baja como 300 mm) y otros en que dicho valor se excede ampliamente (tan alta como 1600 mm durante el fenómeno del Niño). Es igual a lo que ocurre en otras zonas cacaoteras pero con distintos promedios anuales de precipitación.

La disponibilidad de 1500 mm de lluvia anual, bien distribuida para maximizar el desarrollo vegetativo y potencial productivo, es un escenario ideal para el cultivo del cacao, pero tal ideal difícilmente existe en el país. El suelo en la zona de Chongón contiene un alto contenido de arcilla y durante el largo periodo seco que las plantas tienen que soportar, están sometidas a un ambiente muy inclemente. La aplicación del riego es entonces una práctica imperativa para el minar el riesgo de que gran parte del cacao no sobreviva el periodo seco, comprometiendo seriamente el retorno de la inversión.

Debido a la falta de agua, el cacao se debilita tanto que las puntas de las ramas pierden sus hojas, empiezan a podrirse por la incidencia de un complejo de hongos oportunistas (*colletotrichum spp* y *Verticillium spp*) y finalmente secase, iniciándose una fase de deterioro que conduce a la enfermedad fisiológica conocida como "muerte descendente" o "puntas desnudas". A lo mejor las plantas no mueren en un año, pero el debilitamiento continúa y finalmente no sobreviven. El debilitamiento señalado, además hace que se tornen más susceptibles a la enfermedad conocida como mal del machete (*Ceratocystis cacao funesta*).

Las plantas que logran sobrevivir, se debilitan, acumulan escasas reservas nutritivas con impacto negativo directo sobre la productividad futura de la huerta. Al comenzar la época lluviosa, aquellas plantas con menos reservas brotan tardíamente y consecuentemente fructifican tardíamente. Es típico observar el retraso en la brotación o en la velocidad de brotación, en aquellas plantas con poco vigor en comparación con otras más robustas, en cualquier ambiente y no necesariamente solamente en el sector de Chongón u otros sectores peninsulares. Esta respuesta se debe a que las primeras, pasaron gran parte del tiempo invirtiendo reservas y ener-

gia para fortalecer su matriz de raíces para explorar el suelo en busca de agua, intentando satisfacer las necesidades mínimas de sus funciones vitales, en un esfuerzo por sobrevivir el período seco.

Por tanto, bajo las condiciones del sector de Chongón y otros sectores de la zona peninsular con aptitud para la agricultura, el riego representa una práctica necesaria para garantizar el desarrollo del cacaotal, maximizar la expresión del potencial productivo de clones genéticamente mejorados y garantizar el retorno económico. Por otro lado, es necesario que la cantidad de agua aplicada, siga estrechamente los patrones de evapotranspiración del sector donde está sembrado el cacaotal. Así se asegura que los requerimientos hídricos que demanda una plantación de cacao con expectativas de alta productividad, se cubran satisfactoriamente.

Para los sectores de Chongón, Playas y El Azúcar, tales requerimientos de riego van desde 700 a cerca de 1000 mm, según pruebas llevadas a cabo en dichas granjas experimentales por la Universidad Agraria y CEDEGE. Es útil tener siempre presente que una hectárea de cacao, consume por evapotranspiración, poco menos de 1'000,000 de litros de agua por mes. La magnitud de esta cifra es ciertamente enorme, pero proporciona una idea de la importancia del riego suplementario para cultivar cacao en la zona peninsular. Las recomendaciones sobre la frecuencia y láminas de agua necesarias para sostener una plantación de cacao de gran productividad bajo condiciones de riego, deben ser provistas por expertos en el tema. Sin embargo, como regla general el cacao requiere alrededor de 100 mm de agua por mes durante el período sin lluvias.

Por otro lado, la agricultura bajo irrigación en zonas semi áridas o áridas lleva asociada el riesgo de la acumulación de sales en el suelo, y por tanto el riesgo de que se desarrollen problemas de salinidad si el sistema carece de prácticas para controlar este factor. El agua utilizada en la agricultura, incluso el agua de lluvia, contienen sales disueltas, aunque en diversas proporciones. De allí que los resultados del análisis del agua destinada para la irrigación, constituyen una herramienta importante para planificar el riego del cacao en la zona peninsular.

Mientras haya más sales disueltas en el agua, menor es su calidad para el riego. Muestras de agua con valores de conductividad eléctrica (CE), parámetro que mide indirectamente la salinidad del agua, hasta 750 umhos, son consideradas aptas para el riego. Valores de conductividad eléctrica superiores a 750 umhos, incrementan el riesgo de la formación de problemas de salinidad. Según la calidad del agua del riego, mejor dicho de su contenido de sales solubles, la aplicación de una lámina de agua de 1000 mm en una zona árida, puede depositar anualmente en el suelo entre 0.3 y 15 toneladas métricas de sales por hectárea. Como referencia, datos reportados por la Universidad Agraria del Ecuador, muestran que la conductividad eléctrica promedio para el agua en el embalse de Chongón es 438 micro

umhos, mientras que el agua del embalse del azúcar y del embalse cola Playas, presentan valores de 805 umhos y 421 umhos, respectivamente.

Si el agua para riego, según su calidad, presenta tal variación en el contenido de sales disueltas, fácilmente podemos imaginar lo que pasaría con la salinidad del suelo en los próximos cinco años, en caso de que el agua utilizada presente baja calidad por su alto contenido de sales. En el caso extremo, terminaríamos con 75 toneladas métricas de sales por hectárea depositadas en el suelo durante dicho periodo. El agua de riego se infiltra primero a través de los horizontes del suelo. Posteriormente, se mueve por capilaridad (este fenómeno ya fue explicado en una sección anterior de este Boletín) de los estratos húmedos hacia la superficie del suelo, porque ésta se seca primero, transportando las sales disueltas. En la superficie del suelo el agua se evapora y las sales se precipitan (se transforman en sólidos), acumulándose gradualmente, riego tras riego, año tras año, y el problema puede crecer sin darnos cuenta hasta llegar a una situación crítica.

Por tanto, hay que tomar medidas para prevenir el problema (medición de la calidad del agua, estimación precisa de la cantidad de agua que el cultivo necesita, lavado de las sales, adecuado drenaje para transportar las sales lavadas fuera del terreno, control del nivel freático, etc), contando con el asesoramiento de especialistas en el tema para tomar las decisiones mejor informadas en base a diagnósticos acertados.

Huertas en plena producción

Abonamiento y riego

Del tercer año en adelante la plantación de cacao favorecida por un manejo inicial apropiado, ya comienza a producir cosechas importantes. Según la experiencia de los autores, plantas clonales bien desarrolladas y productivas ya han rendido entre 0.8 y 1 Kg. de cacao seco por árbol a los 30 meses después del trasplante al campo, respaldadas por prácticas bien planificadas de nutrición, riego, sanidad y podas. En adelante tiene que mantenerse y mejorarse el control ambiental, otra manera de referirse a la agronomía del cultivo. Así sacaremos el mayor provecho económico del potencial de la "fábrica biológica", construida durante los primeros años de establecimiento de la plantación y el fundamento genético que sostiene el alto rendimiento de los nuevos clones.

Estudios han demostrado que durante la etapa de plena producción, los árboles de cacao en una hectárea ya han acumulado en sus tejidos alrededor de: 438 Kg. de nitrógeno, 48 Kg. de fósforo, 633 Kg. de potasio, 373 Kg. de calcio, 129 Kg. de magnesio, 6.1 Kg. de manganeso, 1.1 Kg. de zinc, entre otros nutrientes. Por otro lado, al comercializar una tonelada de cacao seco (22 quintales), se están eliminando de la huerta alrededor de 40 Kg. de nitrógeno, 6 Kg. de fósforo y 86 Kg.

de potasio (Cocoa Growers' Bulletin, 1980).

Examinando las cifras anteriores, nos percatamos enseguida de la gran capacidad extractiva que tiene este cultivo. También concluimos que después de una década de explotación, el suelo de una plantación, produciendo al menos una tonelada métrica de cacao seco por hectárea, perderá cerca de 1000 Kg. de potasio, solo por mencionar el nutriente de mayor contenido en las almendras. Se perderá aun más de dicho nutriente, si la cáscara de las mazorcas también se dejan fuera de la huerta. Una tonelada de cacao fermentado y seco se produce con alrededor de 22,000 mazorcas. Los cascarones provenientes de estas mazorcas al descomponerse, mineralizan aproximadamente 22 Kg. de nitrógeno, 2.2 Kg. de fósforo y 72 Kg. de potasio, cantidades nada despreciables si se retornan y distribuyen uniformemente en el suelo de la plantación, o al menos en los terrenos menos favorecidos por la fertilidad del suelo.

Con productividades superiores, que es lo que esperamos de los clones mejorados de cacao, la demanda nutritiva y exportación de nutrientes fuera del campo a través de la cosecha y comercialización, aumentarán proporcionalmente. Si dejamos de reponer el nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes que las plantas necesitan, no sólo para la formación de las almendras, sino también de las hojas, ramas, tallos, raíces, flores y corteza de los frutos, nos estaremos alejando de los objetivos de alta productividad.

Contrario a la percepción de muchos, los sistemas de producción de cacao con metas altas de productividad, tienen una elevada demanda nutritiva, demanda que debe enfrentarse con una buena estrategia de abonamiento. Afortunadamente los suelos en la zona de Chongón y similares, aparte de los problemas de escasez de agua y el riesgo de salinización, están dotados en general de buena fertilidad, con oportunidades para hacer mejoras permanentes que impacten positivamente sobre el rendimiento.

El reciclamiento de las cáscaras de las mazorcas distribuidas de manera uniforme dentro de la plantación, constituye una fuente valiosa de potasio y otros nutrientes que también debe aprovecharse al máximo. Con frecuencia las mazorcas se acumulan en un solo sitio, o en unos pocos sitios de la plantación para la extracción de las almendras. Los cascarones se amontonan cerca de pocas plantas, quitándole al resto de la plantación la posibilidad de beneficiarse del reciclaje de nutrientes.

Por este motivo, aunque representa un trabajo adicional, es conveniente distribuir las mazorcas uniformemente dentro del campo, o por lo menos concentrarlas en aquellos terrenos donde se sospecha que los suelos son de menor calidad. Una plantación con un rendimiento de 2000 Kg. por hectárea, produce suficiente residuos de cosecha para colocar junto a cada planta 15 Kg. de cascarones frescos, una

cantidad importante, si se compara con los 10 a 15 Kg. de abono orgánico, usualmente recomendados por árbol de cacao, en el contexto de sistemas de agricultura orgánica. Los 15 Kg. de cascarones frescos equivalen a 3.7 Kg. de abono orgánico, si los cascarones son sometidos a un proceso de compostaje (sin considerar la adición de otros materiales). Por otro lado, es conveniente destacar que la distribución de los cascarones en el campo, ayuda en el proceso natural de la polinización de las flores; este material representa un ambiente propicio para el desarrollo y estancia de pequeños insectos (forcipomias) que participan activamente en la polinización.

El aprovechamiento de los fertilizantes por el cacao, se encuentra estrechamente ligado a la disponibilidad de agua en el suelo. Cuando el suelo tiene escasa agua disponible, contribuye al uso ineficiente de la fertilización, cuyo financiamiento puede alcanzar del 15 al 20% de los costos totales de operación de una plantación con manejo tecnológico intensivo. Un suelo bien regado y sin suficiente abonamiento tampoco contribuye al uso eficiente del agua y este recurso también es costoso. La plantación pierde la misma cantidad de agua por evapotranspiración, ya sea que el suelo se encuentre bien dotado de fertilidad o no, es decir cerca de un millón de litros por hectárea por mes. La diferencia radica en que en una plantación bien abonada, el agua participa más activamente en la formación de carbohidratos y otras sustancias que las plantas almacenan y usan en su metabolismo y producción, mientras que en el otro caso, gran parte del agua se pierde ineficientemente en la atmósfera.

De allí la importancia de la aplicación del riego mediante frecuencias (intervalo entre un riego y otro) y láminas (se refiere al grosor en milímetros de la lámina de agua por evento de riego) definidas y adaptadas para el sector de Chongón y otros de la península de Santa Elena con aptitud para la agricultura, pero castigados por un periodo seco riguroso. Periodos quincenales de riego y láminas de 50 mm pueden considerarse como pautas generales para orientar el uso de esta práctica. Sin embargo, el apoyo de especialistas en el tema, particularmente si se utilizan técnicas avanzadas de irrigación como la fertirrigación, siempre es necesario para tomar decisiones mejor informadas. En conclusión, en la zona que nos concierne, un buen plan de fertilización debe ir acompañado de un buen plan de riego y una atención estrecha para prevenir riesgos de salinización del suelo, fenómeno que podría ocurrir por el mal manejo del agua de riego. De otro modo, la producción de cacao como negocio se verá seriamente disminuida.

Control de enfermedades

El abonamiento y el riego son recursos costosos. El impacto positivo en la producción de un mayor número de mazorcas, tiene que complementarse necesariamente con prácticas sanitarias que disminuyen la incidencia de frutos enfermos por la acción de los organismos causales de la escoba de bruja y moniliasis.

Bajo condiciones propicias, ambas enfermedades pueden echar a perder gran parte de la cosecha, pudriéndose hasta la mitad de los frutos formados. Pero como ya lo mencionamos en una sección anterior, el sector de Chongón y otros peninsulares, poseen ambientes adversos para el desarrollo de las enfermedades del cacao. Incluso existe la hipótesis de que las brisas que llegan del océano, aparentemente por su naturaleza salina, representan un factor adicional contra el desarrollo de las enfermedades. Claro que esta hipótesis aún tiene que probarse.

Sin embargo, aun cuando la incidencia de enfermedades en el sector de Chongón sea pequeña, no hay que descuidar el aspecto sanitario, pues las mazorcas perdidas por enfermedades en las diversas etapas de su desarrollo, significan menos productividad y recortes en las utilidades operacionales. En zonas muy húmedas, los autores dan testimonio de situaciones extremas, en que las pérdidas han representado más del 90% de las mazorcas producidas. Los dos clones presentados en este Boletín muestran baja incidencia de enfermedades en los frutos, e incluso rara vez se observó una "escoba de bruja" en los brotes en la granja de Chongón. Además se encontró que su comportamiento ante las enfermedades fue similar al del clon CCN 51.

Pero la problemática sanitaria que aqueja al cacao ecuatoriano tiene soluciones tecnológicas. Una práctica comprobada para reducir el número de frutos enfermos, consiste en su remoción semanal, o al menos cada quince días, aunque si ese es el caso la efectividad de la práctica disminuye. La remoción de los frutos enfermos durante la época de mayor infección, es decir durante el primer semestre del año está bien, pero es mejor si la práctica se mantiene durante todo el año. Los frutos afectados, ya sea por escoba de bruja o moniliasis se colocan en el piso; allí son destruidos en poco tiempo por los microorganismos que habitan en el suelo y que utilizan este material como alimento. Un gramo de suelo contiene miles de millones de microorganismos, lo que explica la rápida descomposición de las mazorcas enfermas bajo condiciones de alta humedad y temperatura. Con tiempo seco la descomposición es más lenta pero igualmente beneficiosa. Como referencia, de todos los frutos que se enferman en las zonas cacaoteras tradicionales del Ecuador, dos tercios son por moniliasis y un tercio por escoba de bruja.

Si las mazorcas se dejan colgando de las ramas y el tronco, permanecerán allí por largo tiempo (8-12 meses) produciendo esporas. Las esporas son como "huevos" microscópicos y el medio por el cual los hongos parásitos transmiten las enfermedades. Con el viento o el movimiento producido por las labores de cosecha, las esporas se desprenden de las mazorcas y tejidos enfermos y se movilizan en el aire. Luego aterrizan sobre la superficie de los frutos y bajo condiciones propicias de humedad y temperatura, los infectan constantemente, particularmente cuando recién están formándose. Hasta las 10-12 semanas de edad, éstos son muy susceptibles a la infección, destruyéndose la mazorca en su totalidad. Aunque que la infección también puede ocurrir en frutos con más de 3 meses de edad, en gran

parte la podredumbre se limita a la cáscara y no alcanza a llegar a las almendras, que así pueden aprovecharse como parte de la cosecha.

La remoción semanal de frutos enfermos por sí sola disminuye gradualmente el ambiente infectivo en la plantación. Las pérdidas de mazorcas por enfermedades se reducen a menos de la mitad de lo que se perdería sin la remoción. Afortunadamente, si la altura de los árboles clonales se mantiene bajo control con el despunte y las podas, la remoción de las mazorcas enfermas se facilita y también la cosecha, ya que la producción del 80% de las mazorcas en el árbol, se concentra hasta 1.5 m del suelo. En sistemas manejados intensivamente, en ambientes que favorecen el desarrollo de las enfermedades y con metas de alta productividad, el impacto a mediano plazo de la práctica de remoción, puede representar la cosecha de 15,000 a 20,000 mazorcas sanas adicionales (en promedio mil mazorcas hacen un quintal de almendras fermentadas y secas) por hectárea, cantidad nada despreciable. Luego de deducir el costo operativo de la cosecha adicional, queda una contribución importante al margen de utilidades. Los beneficios acumulativos que la remoción de mazorcas enfermas causa en la plantación, transforman el costo de aplicación, en una inversión antes que un gasto.

Los clones de cacao provienen mayormente de varetas o yemas obtenidas de ramas plagiotrópicas, es decir que tienen un crecimiento lateral y no vertical como los "chupones"; por su escasez éstos últimos son poco utilizados como material de injertación. Esta es la explicación por la cual la copa de las plantas clonales se expande hacia los costados y hacia arriba, produciendo abundantes ramas que se obstaculizan entre sí, aumentan la densidad de la copa, distorsionan la forma del árbol y dificultan las labores de mantenimiento y cosecha de la plantación. Una consecuencia adicional de la falta de control del crecimiento del árbol, es el autosombreamiento excesivo que reduce su actividad fotosintética y la de otros árboles vecinos, al entrecruzarse profusamente las ramas. Otra consecuencia, es la formación de un microclima interno que puede estimular la infección y enfermedades en los frutos.

Sin embargo, las podas oportunas y bien llevadas contribuyen a minimizar el impacto de los problemas anotados. Deben realizarse en la época seca, una vez al año y en el momento adecuado, siempre en el declive de un pico de cosecha (ver Figura 3 en relación a la evolución de la cosecha del cacao Nacional en el sector de Chongon). La poda que se realiza al inicio de un periodo de floración fuerte e inicio de fructificación, con seguridad causará que gran parte de los pequeños frutos se marchiten, recortándose el monto de la futura cosecha.

La poda anual sirve también para eliminar los tejidos infectados por la escoba de bruja. El número excesivo de escobas de bruja roba el vigor de las plantas, disminuye el número de hojas útiles para la captación de luz solar, limita el cumplimiento de la función de fotosíntesis, y debilita su capacidad para producir y almacenar reser-

vas alimenticias en el tallo, ramas y raíces. Los autores dan testimonio de árboles clones de 12 años de edad en la zona de Quevedo, que al dejar de podarse durante los últimos tres años, formaron un número sorprendente de escobas vegetativas cuyo número varió entre 400 y 500 escobas por individuo, constituyéndose en una fuente de infección permanente para los nuevos brotes que emite la misma planta o las plantas vecinas. Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, al menos en el sector de Chongón, no existen condiciones para la agresividad de las principales enfermedades que afectan al cultivo del cacao en el Ecuador.

Las podas deben ser ligeras, eliminando como máximo el 25% de material de la copa del árbol. El material eliminado está constituido por el extremo de ramas despuntadas para controlar su excesivo crecimiento horizontal o vertical, ramas dirigidas hacia abajo, ramas que se entrecruzan y obstaculizan el desarrollo de otras mejor ubicadas, ramas muertas o enfermas, etc. El momento de podar también se aprovecha para eliminar los "chupones" al pie del árbol, ya que éstos se desarrollan en base a la fotosíntesis que realiza las hojas superiores de la copa y las reservas alimenticias que se mueven hacia ellos. Los "chupones" no producen o producen muy poco de su propio alimento, dependiendo del resto de la planta para su crecimiento, al menos mientras que no se encuentren expuestos a la luz solar. Por tanto consumen reservas que la planta puede usar en otras funciones, como la fructificación.

Las consecuencias de una poda muy drástica son serias para la productividad de la plantación. Al eliminarse muchas ramas se elimina también gran parte de las reservas acumuladas por la planta para sostener la siguiente generación de frutos y formación de la nueva cosecha, además de que la planta tarda en recuperarse. Según la experiencia de los autores, las pérdidas de rendimiento por efecto de una poda muy drástica, digamos 75% del follaje, pueden restar un tercio del potencial productivo de la huerta.

MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y LOS PROBLEMAS DE SALINIDAD

Fertilidad del suelo

El cacao se desarrolla mejor en suelos bien provistos de materia orgánica. En general, los suelos de la península de Santa Elena son bajos en materia orgánica; se recomienda su incremento con el uso de abonos orgánicos o residuos de cosechas para aumentar la fertilidad natural. La distribución uniforme del material vegetal resultante de las podas y cascarnes de mazorcas dentro de la plantación, es parte importante de la estrategia para contribuir al mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Los suelos con características indeseables para el cultivo del cacao deben descartarse. Las características indeseables están representadas por la presencia abun-

dante de fragmentos de rocas, grava o arena gruesa; un color pálido, gris o blanco que refleja graves problemas nutricionales; capas con sales, compactadas, duras o rígidas; presencia de la capa freática cercana a la superficie del suelo limitando la aireación que requiere el sistema radical; textura muy arenosa, entre otras. La descripción minuciosa del perfil y el análisis físico y químico del suelo, permiten explorar la calidad de las relaciones entre el agua, aire y nutrientes del suelo, ayudando a estimar su valor para cultivar cacao.

Demandas nutricionales del cultivo del cacao

La magnitud de la demanda nutritiva del cacao es importante y la cantidad extraída de los diferentes nutrientes, está directamente relacionada con la etapa de desarrollo de la plantación. Los nutrientes absorbidos en las mayores cantidades son: potasio, nitrógeno y calcio en el mismo orden, cantidades que se mueven en el ámbito de cientos de kilogramos. El fósforo y magnesio son nutrientes absorbidos en cantidades relativamente menores, en una escala de decenas de kilogramos. Las cantidades absorbidas de hierro, manganeso, zinc y otros elementos considerados como micro nutrientes, se miden en la escala de decenas y centenas de gramos. Sin embargo, todos los nutrientes son igualmente importantes por su esencialidad y no por la cantidad en que son absorbidos.

Resultados de estudios realizados por el INIAP, sobre la cantidad de nutrientes extraídos del suelo por cacao de la variedad Nacional y acumulada en mazorcas, almendras secas y cáscara, se presentan en el Cuadro 6. Las cantidades son pequeñas en comparación con aquellas que necesita la planta para formar sus hojas, ramas, tallos y raíces. Sin embargo, son necesarias y deben tenerse muy en cuenta si se persiguen altas metas de productividad. Estas cifras complementan la información presentada en secciones anteriores de este Boletín, acerca de la cantidad acumulada de los distintos nutrientes en una plantación de cacao en producción.

CUADRO 6. Cantidades promedio de nutrientes absorbidas por una tonelada métrica de almendras de cacao Nacional fermentado y seco.

	Kg/ha						g/ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	
Cáscara	9.1	2.5	39.4	8.7	4.3	1.5	28.8	35.9	8.8	32.5	58.7	
Almendras	15.8	7.3	8.9	3.6	3.7	1.2	20.6	33.8	16.8	50.3	17.6	
Maguey	0.4	0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.9	0.7	0.4	3.5	0.4	
Total	25.3	9.9	48.9	12.5	8.1	2.7	50.4	70.4	25.9	86.2	76.6	

Por otro lado, de la interpretación de los resultados del análisis del estado nutricional de muestras foliares del cacao (Figura 12) cultivado en algunos predios de la península de Santa Elena, se concluye que de los macronutrientes, el potasio es el elemento que se encuentra en mayor deficiencia, seguido por el nitrógeno y azufre. En cuanto a los micronutrientes, el diagnóstico muestra que las hojas de cacao

acusan problemas de baja absorción de hierro, zinc, cobre y manganeso en más del 50 % de los casos. Las razones para esta situación ya han sido explicadas suficientemente en párrafos anteriores de este Boletín.

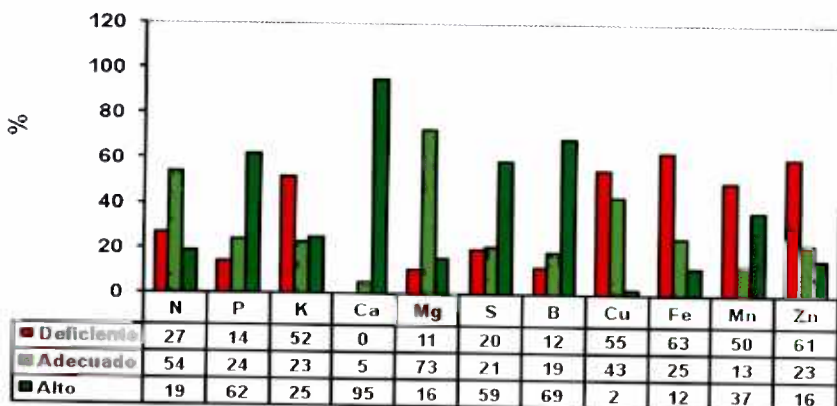


FIGURA 12. Porcentaje del estado nutricional en tejidos foliares de cacao en 11 Haciendas de la Península de Santa Elena

Diagnóstico del problema de salinización y sugerencias para su control

La presencia de salinidad es uno de los riesgos que enfrentan los sistemas de agricultura intensiva bajo riego con cualquier cultivo. En algunos sectores de la zona peninsular, ya se vienen observando problemas de acumulación de sales en la superficie del suelo, problema que se manifiesta por la presencia de eflorescencias blanquecinas, localizadas a los costados de los goteros o aspersores de riego, según el caso. A pesar de que es una problemática en crecimiento, aun no se le está prestando suficiente atención, lo que se refleja en la escasa presencia de infraestructura de drenaje y otras obras de conservación de la capacidad agrícola de los suelos.

Si se toma en cuenta el poco tiempo que varios sectores peninsulares están incorporados a la agricultura intensiva, y que en la mayor parte de ellos hay problemas, se puede prever que si no se toman medidas para evitar la salinización del suelo, en breve se producirán reducciones importantes en los rendimientos de los cultivos, entre ellos el cacao, con la consecuente pérdida económica y deterioro ambiental.

Los resultados de análisis de la salinidad de 149 muestras de suelos provenientes de propiedades agrícolas en diferentes sectores de la península de Santa Elena (Cuadro 7), muestran que casi el 84 por ciento del total de las muestras analizadas, no presentan problemas de salinidad. Mientras tanto, en el 16 por ciento restante la salinidad varía de ligera a muy alta. Los valores sugieren que se viene produ-

ciendo un proceso gradual de salinización de los suelos que se están incorporando a la agricultura intensiva bajo riego en la zona en cuestión.

CUADRO 7. Interpretación de la Conductividad Eléctrica en los suelos de la Península de Santa Elena.

CE dS/m	Interpretación Salinidad	Muestras	
		Número	%
0 - 2	Sin Salinidad	125	83,9
2 - 4	Salinidad Ligera	14	9,4
4 - 8	Salinidad Media	8	5,3
8 - 16	Salinidad Alta	1	0,7
> 16	Salinidad Muy Alta	1	0,7
TOTAL		149	100

La Figura 13 muestra la variación de la conductividad eléctrica, con respecto a las diferentes profundidades del suelo en siete sectores de la península de Santa Elena. Los resultados configuran tres escenarios distintos. Según el primero, las costras salinas formadas estuvieron ausentes de la superficie del suelo en el sector de Manglaralto, a pesar de que el sitio es el más cercano al mar de todos los sitios muestreados. Allí la conductividad eléctrica llegó a 3 dS/m (equivalente a mmhos) en los primeros 10 cm. del suelo, disminuyendo a mayor profundidad. Posiblemente, la explicación para este resultado reside en que el sector de Manglaralto es el que recibe la mayor cantidad de lluvias en toda la zona peninsular, aumentando la dilución, lavado y drenaje de sales fuera de los campos de cultivo.

Por el contrario, en un segundo escenario, los sitios muestreados en los sectores de Chanduy, Zapotal y Consuelo, si mostraron costras de salinización, con valores de conductividad eléctrica superiores en 2.5 y 4.5 veces al valor encontrado para el sector del Progreso. Las tierras de estos sectores han estado más tiempo incorporados a la producción con riego localizado de alta frecuencia. La intensidad de la salinización se vuelve más crítica según el tiempo e intensidad del riego y tal parece que los resultados reportados en este Boletín están reflejando tal situación.

El tercer escenario está definido por lo que sucede en los sectores de Cerecita y Chongón. En ambos, se confirmó la presencia de altos niveles de salinidad hasta los 40 cm. de profundidad. Aquí al parecer hay algún factor, posiblemente el movimiento ascendente por capilaridad de agua sub superficial con alto contenido de sólidos solubles, causando la acumulación de las sales en la superficie del suelo como consecuencia de la evaporación. De esta manera, estos suelos serían más susceptibles al desarrollo de síntomas de salinización en períodos de tiempo relativamente cortos. El manejo inadecuado del agua de riego y frecuencias demasiado amplias, podría estar contribuyendo al desarrollo del problema, que amerita estudios para encontrar respuestas y formular soluciones.

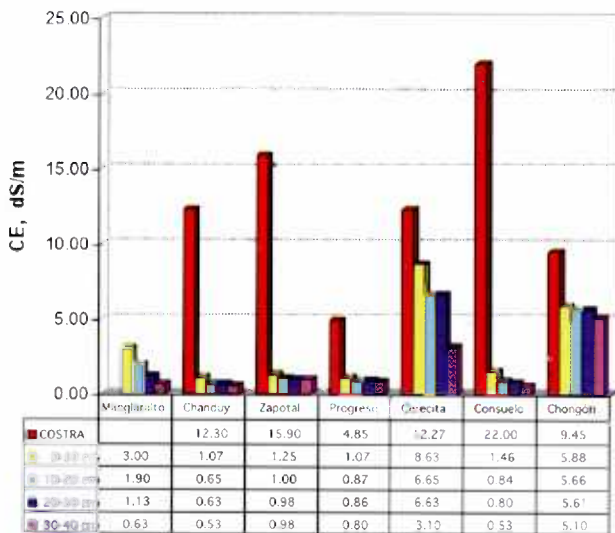


FIGURA 13. Variación de la Conductividad Eléctrica con respecto a la profundidad del suelo en diferentes localidades de la Península de Santa Elena.

Manejo de la salinidad del suelo

Las condiciones ecológicas de la península de Santa Elena son favorables para que con el tiempo los suelos sufran un proceso de salinización. Para reducir el riesgo de que ocurra este problema se recomiendan algunas acciones:

- Construcción de infraestructura de drenaje, con la finalidad que las sales no se acumulen y con la lluvia salgan de las áreas de cultivo.
- Aplicación de sulfato de calcio ó azufre elemental, según la naturaleza de las sales presentes. Se usará sulfato de calcio si es hay presencia de sales de sodio. Se utilizará azufre elemental si el problema fuese con sales de calcio ó magnesio.
- Lavado de sales con agua de buena calidad.
- Utilización de fertilizantes libres de cloro. Debe evitarse usar cloruro de potasio (también llamado muriato de potasio). En su lugar usar sulfato de potasio.
- Utilizar sistemas de riego que permitan tener siempre las sales a bajas concentraciones. Regar en exceso.
- Usar enmiendas orgánicas. Estas por su reacción ácida neutralizan en parte la salinidad.
- Tratar de utilizar fertilizantes de reacción ácida.

Recomendaciones de fertilización

La fertilización es un recurso para aumentar la producción. La huerta de cacao puede requerir algunos nutrientes que estén limitando su normal desarrollo y la fertilización debe ser hecha en base a las necesidades de esa plantación. Los fertilizantes solamente cumplen su efecto benéficos cuando son aplicados correctamente. La aplicación incorrecta podría causar efectos adversos sobre la plantación y el suelo.

Para que se asegure el éxito de la fertilización, esta práctica debe ir acompañada de otras labores como: reducción de la sombra definitiva, control de malezas, riego, control de enfermedades y de plagas, entre otros factores.

Las cantidades de fertilizantes a emplearse son variables y depende del suelo, material sembrado, estado de desarrollo de las plantas, cultivo con sombra, cultivo a plena exposición al sol, etc. Cada lugar o plantación es una situación diferente. Por lo tanto, se recomienda que el productor busque a una persona competente que lo ayude a decidir sobre el mejor programa de fertilización a utilizarse en su plantación. Como una guía se presentan algunas recomendaciones sobre las cantidades de fertilizantes a utilizar, según la interpretación de los resultados de varios análisis de suelo y foliar.

Guía de recomendación para fertilización en cacao

A. Disponibilidad BAJA de nutrientes

Edad (años)	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		MgO		S	
	g/planta									
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0-1	40	70	16	30	30	55	15	26	14	25
1-2	60	105	24	45	60	110	25	44	27	50
2-3	80	140	40	60	120	165	35	61	43	75
3-4	120	175	50	75	160	220	45	60	57	100
> 4	180	210	60	90	200	270	45	78	75	130

a= 1400 plantas; b= 800 plantas/ha

Guía de recomendación para fertilización en cacao

B. Disponibilidad MEDIA de nutrientes

Edad (años)	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		MgO		S	
	g/planta									
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0-1	40	70	8	15	15	27	10	13	8	13
1-2	60	105	12	23	30	53	12	22	10	17
2-3	80	140	20	30	80	105	14	31	19	33
3-4	107	188	25	45	100	135	15	39	38	65
> 4	160	200	30	60	160	180	23	39	38	65

a= 1400 plantas; b= 800 plantas/ha

Guía de recomendación para fertilización en cacao

C. Disponibilidad ALTA de nutrientes

Edad (años)	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Mg O		S	
	g/planta									
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0-1	20	35	8	12	15	25	6	11	8	12
1-2	30	52	12	12	25	40	6	11	8	12
2-3	40	70	10	15	30	55	9	15	10	16
3-4	52	90	12	23	40	70	12	20	19	33
> 4	84	100	25	30	80	90	20	30	23	40

a= 1400 plantas; b= 800 plantas/ha

BENEFICIO POSTCOSECHA

La producción alcanzada como resultado del manejo técnico avanzado de la huerta sembrada con los clones recomendados, puede recibir valor agregado con la aplicación de buenas prácticas de beneficio postcosecha: recolección, fermentación y secado. Después de todo hay que tener presente que el mercado internacional es cada vez mas exigente en cuanto a los estándares de calidad del cacao destinado a la exportación.

El proceso de beneficio postcosecha se inicia con la recolección oportuna de las mazorcas, asegurándose de que se encuentren completamente maduras. Los frutos sobre maduros pueden contener semillas germinadas, casi sin pulpa, y que al mezclarse en la masa de fermentación con el resto de semillas, deterioran la calidad final del cacao fermentado. También hay que evitar la mezcla de semillas provenientes de mazorcas que no han alcanzado su madurez (pintonas) sin suficiente pulpa y azúcar para fermentarse bien. Finalmente, la mezcla de almendras gravemente deterioradas por provenir de mazorcas con pudriciones, también constituye un defecto grave para la fermentación y calidad final del cacao.

La fermentación de las almendras de cacao tiene como propósito formar los precursores del sabor a chocolate en los cotiledones. Si no hay fermentación, simplemente no se produce este sabor ni las notas sensoriales asociadas (floral, frutal, nuez, malta, etc.). Al final de la fermentación las almendras contienen aun un 60 por ciento de humedad, porcentaje que debe reducirse sustancialmente mediante el secado para facilitar el almacenamiento y manejo comercial del producto.

El secado como una fase del beneficio postcosecha, con frecuencia no recibe la importancia debida, pero es muy crítico influyendo en forma significativa sobre la calidad final del grano a través de la reducción de la humedad hasta valores del 6 al 7 por ciento. El secado correcto (hay varios detalles que deben tenerse en cuenta para un secado efectivo) también ayuda a disminuir la acidez volátil (ácido acético) acumulada en las almendras al final de la fermentación. Por ejemplo, si el secado es muy rápido se pierde poca acidez volátil y este resultado tiene un impacto negativo sobre la calidad sensorial (sabor) del cacao.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

El hecho de que la productividad de los clones EET 544 y EET 558 sea similar a la del clon CCN-51, bajo similares condiciones de suelo, clima y restricciones moderadas de riego en el sector de Chongón, conduce a pensar que con más intensificación tecnológica, particularmente en cuanto tiene que ver con la optimización de los factores riego, fertilización, control integrado de enfermedades y en general manejo integral del cultivo, el rendimiento del cacao puede incrementarse sustancialmente, superando fácilmente las dos toneladas métricas por hectárea. De esta forma los clones EET 544 y EET 558 pertenecientes a la variedad Nacional, se convierten en opciones alternativas válidas para contribuir al desarrollo cacaotero, bajo condiciones de irrigación, en el sector de Chongon y otros sectores influenciados por el proyecto de riego de CEDEGE en la península de Santa Elena.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Amores, F. 1992. Clima, Suelos, Nutrición y Fertilización de Cultivos en el Litoral en el Litoral ecuatoriano. Manual Técnico # 26. INIAP/Potash and Phosphate Institute. p. 8-10.
- Boyko, H (ed). 1996. Salinity and Acidity. Junk Publishers ((Hague). p. 3-103.
- Cocoa Grower's Bulletin. 1980. Development in cocoa nutrition in the 1970's. A Review of Literature, Birmingham, England. p. 11-24.
- Daymond, J.D. 2000. An investigation into Physiological Parameters Underlying Yield Variation Between Different Varieties of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). Department of Horticulture. The University of Reading. United Kingdom. 200 p.
- ESPOL, CEDEGE y Universidad de Florida. 2002. Estudio potencial agroindustrial y exportador de la península de Santa Elena y de los recursos necesarios para su implementación. Guayaquil, Ecuador.
- Mortved, J. J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W. L. 1972. Micronutrients in Agriculture. 2nd (ed). Soil Science Society of America. p. 7-36.
- Richards; L. A (ed). 1965. Suelos salinos y sódicos. Editorial Cultura, 4th (ed). p. 1-58.
- Sánchez, P. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics 1st (ed). Published by John Wiley & Sons, Inc. Printed in USA. p. 96-184.
- Universidad Agraria del Ecuador. 2003. Métodos de Manejo y Control de Riego, para los principales cultivos de la Península de Santa Elena, Provincia del Guayas-Ecuador. Proyecto 1G-CV-087 (PROMSA, Universidad Agraria, CEDEGE). p. 65.
- Valle, C. M. 2004. Determinación de nutrientes en el cultivo del cacao fino de aroma bajo riego localizado y su influencia en la salinidad del suelo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.



Estación Experimental Tropical Pichilingue
Km 5, vía Quevedo – El Empalme
Casilla Postal 24
Telefax: (593) 05 2750 966 / 2750 967
e-mail: mrendon@iniap-ecuador.gov.ec
Quevedo – Ecuador

Autor principal: Freddy Amores
e-mail: cacao@iniap-pichilingue.gov.ec
famores.ec@gmail.com