

MÉRIDA - ISSN 1315-3919

AGRICULTURA ANDINA

Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias

NÚMERO 24 - ESPECIAL 2022-2023

<https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/>



Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
MÉRIDA - VENEZUELA

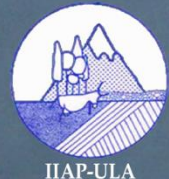


Tabla de Contenido

Artículos

- 5 - 17 Vásquez José, Peña Clifford, Jaimez, Ramón.
EFFECTO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE SOBRE LA ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), CULTIVADO EN INVERNADEROS.
- 18 - 27 Quintero Leobardo, Durán Mariano.
FAGOPYRUM ESCULENTUM; UNA SOLUCIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN LA AGRICULTURA DEL PÁRAMO MERIDEÑO.
- 28 - 42 Dugarte Simón.
LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VENEZOLANA COMO BASE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.
- 43 - 60 Méndez Fernando, Uzcátegui Jorge, Sulbarán Alí.
OPTIMIZACIÓN DE UN MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO PARA DETERMINAR PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SUELOS DE UN ESTRATO ALTITUDINAL DEL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA DEL ESTADO MÉRIDA.
- 61 - 81 Vielma José.
APTITUD FÍSICA DE TIERRAS PARA USO AGRÍCOLA Y PECUARIO. CASO DE ESTUDIO: SECTORES JAJÍ Y SANTO DOMINGO, PARROQUIA JAJÍ, MUNICIPIO CAMPO ELÍAS, ESTADO MÉRIDA.

Agricultura Andina

Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Número 24, Especial 2022 - 2023

Dirección: Estación Experimental "Santa Rosa". Sector Santa Rosa, La Hechicera. Mérida.

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Universidad de Los Andes. Telefax: 58+ 02742401575, 2401576

Apartado Postal N° 77, Mérida-Venezuela.

Dirección Electrónica: www.revencyula.ve, www.forest.ula.ve/iiap,

www.saber.ula.ve/griculturaandina/

E-mail: agriculturaandinarevista@ula.ve

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/>

La primera edición de la Revista "Agricultura Andina" data de 1982. Es una publicación periódica semestral, científica, especializada, cuyo principal objetivo es abrir un espacio para el intercambio de conocimientos y divulgación de los avances científicos-tecnológicos y hallazgos de significativa importancia en el renglón agropecuario, principalmente de la Región Andina y del país en general.

Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

AUTORIDADES

Rector

Mario Bonucci Rossini

Vicerrector Académico

Patricia Roseiweig

Vicerrector Administrativo

Manuel Aranguren

Secretario

José Andrés

Decano

Julio Quintero

Director IIAP

Osmary Araque

COMITÉ EDITORIAL

Prof.(a) Osmary araque

Directora del IIAP-ULA

Prof. José D. Hernández B.

Coordinador

**Línea de Comunicación Agrícola
Y desarrollo Social**

Prof.(a) Katty M. Rojas O.

Coordinador

Línea de Producción Vegetal

Prof.(a) Mayela Castillo

Coordinador

Línea de Producción Animal

Ing. Agrón. Nestor Morales

(Responsable)

Depósito Legal Pp 82-0231

Mérida – ISSN: 1315 – 3919

Indizada en: REVENY RVA003 LATINDEX

Diagramación: Katty Rojas

Fotografía de portada: archivos IIAP, Daniel Castillo, Katty Rojas.

ARBITROS EVALUADORES

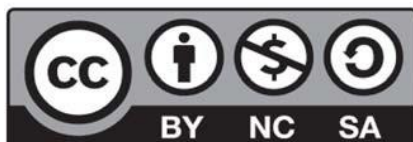
Fernando Delgado	Ing. Agrónomo, MSc	CIDIAT - ULA
Roberto A. López F.	Ing. Agrónomo, MSc	CIDIAT - ULA
José M. Suniaga Q.	Ing. Agrónomo, MSc	IIAP - ULA
Luis Cedeño M.	Ing. Agrónomo, MSc	IIAP - ULA
Ricardo Trezza P.	Ing. Agrícola, MSc, Doctor, PhD	University of Idaho
Florángel Conde	Médico Veterinario MSc	CENIAP-INIA
José A. García B.	Ing. Producción Animal, MSc, Doctor	UNET
Héctor Nava T.	Médico Veterinario MSc	LUZ
José G. Rosales D.	Ing. Agrícola, MSc	NURR - ULA
Jesús E. Mejía	Ing. Agrícola, MSc	NURR - ULA
Karen Arias	Ing. Agrícola, MSc	UNET
Olga Arnaud	Ing. Agrónomo, Doctor	UNET
Pedro Raúl Solórzano	Ing. Agrónomo, Doctor	UCV, CULTIVAR
Clifford Peña	Ing. Agrónomo, MSc	IIAP - ULA
Mayela Castillo	Médico Veterinario, Doctor	IIAP - ULA
Miguel A. Maffei V.	Ing. Agrícola, Doctor	NURR - ULA
Víctor M. Figueroa	Ing. Agrónomo, Doctor	ECOGROUTH S.A.

LA REVISTA AGRICULTURA ANDINA, POSEE ACREDITACIÓN DEL CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO, HUMANÍSTICO, Y DE LAS ARTES. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (CDCHT - ULA).

LA REVISTA AGRICULTURA ANDINA, ASEGURA QUE LOS EDITORES, AUTORES Y ARBITROS CUMPLEN CON LAS NORMAS ÉTICAS INTERNACIONALES DURANTE EL PROCESO DE ARBITRAJE Y PUBLICACIÓN. DEL MISMO APLICA LOS PRINCIPIOS ESTABLECIDOS POR EL COMITÉ DE ÉTICA EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS (COPE). IGUALMENTE TODOS LOS TRABAJOS ESTÁN SOMETIDOS A UN PROCESO DE ARBITRAJE Y DE VERIFICACIÓN POR PLAGIO.

TODOS LOS DOCUMENTOS PUBLICADOS EN ESTA REVISTA SE DISTRIBUYEN BAJO UNA LICENCIA *CREATIVE COMMONS* ATRIBUCIÓN - NO COMERCIAL - COMPARTIR IGUAL 4.0 INTERNACIONAL.

POR LO QUE EL ENVÍO, PROCESAMIENTO Y PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ES TOTALMENTE GRATUITO.



EDITORIAL

En medio de un entorno desafiante, nuestro Instituto de Investigaciones Agropecuarias se mantiene firme, demostrando resiliencia y dedicación en su misión de apoyar a los productores agrícolas. A pesar de las adversidades, seguimos trabajando arduamente para ofrecer herramientas y conocimientos que faciliten el desarrollo sostenible de la agricultura en nuestra región.

Nos complace presentar el Número 24, Especial 2022-2023 de nuestra revista Agricultura Andina, que incluye cinco artículos valiosos que abordan diversas temáticas relacionadas con la producción agropecuaria. Estos trabajos, elaborados por destacados investigadores, exploran aspectos cruciales como la importancia de la humedad aprovechable en el cultivo de tomate en condiciones controladas, soluciones agroecológicas en el páramo merideño, la legislación ambiental como base para la restauración ecológica, métodos de extracción de plaguicidas en suelos, y la aptitud física de tierras para uso agrícola y pecuario.

Cada uno de estos estudios aporta información relevante que contribuye a un mejor entendimiento de nuestras prácticas agrícolas y a la búsqueda de alternativas más sostenibles. Agradecemos profundamente a los autores por su confianza en nosotros y por su compromiso con la investigación.

Esperamos que este volumen inspire a más investigadores a compartir su trabajo y a continuar contribuyendo al desarrollo agrícola del país. Juntos, podemos enfrentar los desafíos que se presentan y construir un futuro más sostenible para todos.

Mérida, octubre de 2024.

José D. Hernández B.
Editor Adjunto

EFFECTO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE SOBRE LA ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*), CULTIVADO EN INVERNADEROS.

EFFECT OF THE MOISTURE AVAILABLE ON THE ABSORPTION OF NUTRIENTS FROM TOMATO (*Solanum lycopersicum L.*), CULTIVATED IN GREENHOUSES.

¹Vásquez José, ¹Peña Clifford, ¹Jaimez Ramón.

¹Grupo de Investigación AgroEcoFisiopatología. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes.

E-mail: clifford.suelos@gmail.com

Fecha de inicio: 01/2005

Fecha de finalización: 07/2005

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/2024.24.e.01>

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la influencia de la humedad disponible sobre la absorción de nutrimentos del tomate, bajo condiciones de invernadero, se realizó un estudio, en las instalaciones de la Estación Experimental Santa Rosa, del IIAP ULA. Para lo cual, se establecieron tres tratamientos: T1, riego cada 48 horas; T2, riego cada 72 horas y T3, riego cada 96 horas, y se midieron las concentraciones de los nutrimentos (N, P y K) en los tejidos de la planta (entera, hojas, raíz, tallo y frutos). Los resultados nos indican que la absorción de nutrimentos es baja en las primeras 6 semanas, con un aparente incremento en fructificación. Con la excepción del N, P en hojas y raíces y K en tallos, la acumulación de nutrimentos no parece ser afectada por la cantidad de agua que se encuentre disponible en los sustratos durante las etapas iniciales de crecimiento.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, humedad disponible, absorción.

ABSTRACT

In order to determine the influence of the moisture on nutrient absorption of tomato under greenhouse conditions, a study was conducted at the Experimental Station Santa Rosa, of the IIAP ULA. Which settled three treatments: T1, watering every 48 hours; T2, irrigation every 72 hours and T3, watering every 96 hours, and measured the concentrations of nutrients (N, P and K) in plant tissues (whole, leaf, root, stem and fruit). Results indicate that absorption of nutrients is low in the first 6 weeks, with an apparent increase with fruiting. With the exception of N, P in leaves and roots and K in

stems, the accumulation of nutrients does not seem to be affected by the amount of water that is available on the substrates during the initial stages of growth.

Key words: *Solanum lycopersicum*, moisture available, adsorption.

INTRODUCCIÓN

El área cultivada de tomate bajo condiciones de invernadero se ha venido incrementando sustancialmente, en los últimos años. Los sustratos que se utilizan en estas condiciones, son múltiples y existe muy poca información en la literatura sobre producción de materia seca, asimilación de nutrimentos, y los efectos que pueda ejercer el contenido de humedad disponible en los sustratos sobre el crecimiento y rendimiento de este rubro. Esto ha originado, que para el establecimiento de planes de fertilización y riego para tomate en condiciones de invernadero; se esté utilizando información técnica obtenida bajo condiciones ambientales diferentes a las presentes en nuestros invernaderos.

Mantener el uso de planes de fertilización basados en información provenientes de otros ambientes, puede traer como consecuencia la sobrefertilización ocasionando; salinización, reduciendo la absorción de otros nutrimentos y acelerando la contaminación del ambiente; por otra parte, la suplencia deficiente de fertilizantes puede ocasionar el agotamiento de los nutrimentos en el sustrato, por tanto una inadecuada tasa de asimilación de los cultivos (Bar-Yosef, 1999), da como resultado un bajo nivel de producción. Por otro lado, el contenido de humedad inadecuado puede producir inconvenientes en la absorción de los nutrimentos, promoción del desarrollo de patógenos, entre otros.

El establecimiento de planes de fertilización y riego optimizados, permite reducir los costos de producción, elevar el rendimiento de los cultivos y superar las deficiencias e incertidumbre que se originan al utilizar información proveniente de otros ambientes y condiciones de cultivo. Por lo que, la realización de un estudio sobre la absorción de agua y nutrientes en el tiempo conducirá a un beneficio apreciable a la agricultura, que permitirá superar las carencias mencionadas anteriormente y eliminar los perjuicios de utilizar información foránea.

Por las razones antes expuesta se ha considerado necesario plantear la

siguiente investigación, con el objetivo de evaluar el efecto del contenido de humedad disponible sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes del tomate (*Solanum lycopersicum L.*), cultivado bajo condiciones de invernadero, para mejorar la eficiencia del uso del agua y nutrientes.

La productividad de las plantas puede relacionarse a varios parámetros de crecimiento, los cuales varían entre y dentro de las especies y también con la nutrición mineral y la suplencia de agua (Hegde, 1987). Tal es la razón por la cual, Bar-Yosef (1999) considera al riego y la fertilización los más importantes factores de manejo a través de los cuales los agricultores controlan el desarrollo de las plantas, el rendimiento y la calidad de las cosechas y es la razón por la cual deben ser estudiados.

Norrie, et al. (1995) examinaron la dinámica del riego y la respuesta del tomate en invernadero (*Lycopersicon esculentum Mill.*) a diferentes tratamientos de manejo de riego en plantas sembradas en sustratos basados en turba durante la primavera y el otoño de 1989. Dos soluciones nutritivas con diferentes conductividades eléctricas (1,5 y 3,0 dS m⁻¹) fueron automáticamente aplicadas a las plantas hasta la saturación de uno de dos potenciales métricos del sustrato (SMP) (-6,5 kPa o 4,5 kPa). Los rendimientos medidos indicaron efectos no significativos debidos a los diferentes SMP pero el rendimiento total en primavera y el promedio del peso de frutos comercializables fueron mayores en los tratamientos con la solución de menor CE. Concluyeron que el incremento de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva de 1,5 a 3,0 dS m⁻¹ puede afectar negativamente la producción y el estatus nutricional de las plantas de tomate más que el cambio en el umbral de reposición de agua de riego de -4,5 a 6,5 kPa.

Ortega-Farias et al. (2001), por su parte realizaron un estudio en la Estación Experimental Panguilema de la Universidad de Talca, Chile, con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y la calidad de un cultivar de tomates cv. FA-144, regado por goteo durante los meses de enero a julio de 1997. Los tratamientos correspondieron a una reposición de 70 a 150% de la evapotranspiración real (ET real), T1, T2 y T3, respectivamente, y un testigo que corresponde a las láminas de agua que el agricultor utiliza tradicionalmente en la zona. Los resultados de este estudio indicaron que el rendimiento total y

comercial disminuyó a medida que se aplicaron cantidades menores de agua, siendo el testigo y el tratamiento de 150% de la ET real (T3) los que alcanzaron las menores producciones totales. Por otra parte, la producción de frutos de calibre extra y primera fue significativamente superior en T3 que en el resto de los tratamientos. En cuanto al diámetro ecuatorial y polar, y peso promedio no se observaron diferencias significativas entre las distintas láminas de agua evaluadas; similar situación se observó en el porcentaje de materia seca.

Huett y Dettmann (1988), investigaron el efecto de la aplicación de diferentes niveles de Nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del fruto, el crecimiento y la absorción de nutrientes del tomate Cv Flora-Dade en un experimento en arena. Concluyeron que, para lograr una óptima nutrición y la máxima tasa de crecimiento y calidad del tomate bajo condiciones de campo, la aplicación de fertilizantes Nitrogenados y potásicos debe ser ajustada a la más alta demanda la cual ocurre en el periodo de crecimiento del fruto.

Domínguez (1989), señala que la absorción de nutrimentos del tomate es muy escasa durante los dos primeros meses, incrementándose notablemente a partir del cuajado de fruto y que en el curso de las últimas 4 ó 5 últimas semanas, se absorbe entre el 60% y 70% de los elementos nutritivos, según datos obtenidos en Badajoz del Rincón para tomate. La intensidad de absorción en este periodo crítico es extraordinaria, pudiéndose alcanzar extracciones del orden de 10 kg de un solo elemento en un día, lo que exige a su vez un nivel alto de fertilidad.

La cantidad de nutrientes debe ser aplicada en las cantidades adecuadas para obtener el máximo rendimiento ya que tanto el déficit como el exceso pueden originar pérdidas de rendimiento.

Bar Yosef (1999), presentó las tasas de consumo de N, P y K para varios cultivos, entre ellos el tomate cultivado en diferentes condiciones se aprecia que el consumo de nutrientes por el tomate no es igual entre los diferentes sistemas de cultivo, ya que existen diferencias en cuanto al medio de crecimiento y a la densidad de población. En la Tabla 1 se muestra las tasas de consumo de N, P, K para condiciones de invernaderos. Las tasas de consumo de nutrimentos presentan grandes diferencias en el tiempo, entre cultivos y aún entre variedades de la misma especie; Ignorar estas variaciones temporales en la tasa de

absorción puede conducir a la sobrefertilización, la salinidad, reducir el consumo de otro nutrimento y a la contaminación del ambiente. La extrapolación de los datos de absorción a condiciones ambientales muy diferentes a la de los ambientes de donde provienen debe realizarse con cuidado y utilizarla solo como una primera aproximación (Bar Yosef, 1999).

Tabla 1.- Tasas de consumo diario de nutrimentos (kg ha⁻¹ día⁻¹) por el tomate bajo condiciones de invernadero.

Días después del trasplante	Tomate en invernaderos		
	N	P	K
1 – 10	1,00	0,10	2,00
11 – 20	1,00	0,10	4,00
21 – 30	1,00	0,10	3,50
31 – 40	2,00	0,20	3,50
41 – 50	2,50	0,40	5,50
51 – 60	2,50	0,60	5,50
61 – 70	2,50	0,30	6,00
71 – 80	2,50	0,30	4,00
81 – 90	1,50	0,30	6,00
91 – 100	1,50	0,10	0,10
101 – 110	1,00	0,10	0,10
111 – 120	1,00	0,10	1,00
121 – 130	1,50	0,20	1,00
131 – 150	1,50	0,35	1,30
151 – 180	4,00	0,50	3,80
181 – 220	2,00	0,30	3,00
Total kg ha ⁻¹	450	65	710

Fuente: Bar Yosef (1999)

Adams y Holder (1992) sembraron plantas de tomates a 4 diferentes contenidos de humedad en combinación factorial con dos niveles de calcio cada una (150 y 300 mg L⁻¹) y salinidad (5 y 7 mS cm⁻¹) en la solución nutritiva aplicada al sustrato. Los tratamientos de humedad, definidos por déficit de la presión de vapor, fueron 0,15, 0,25, 0,43 y 0,65 kPa; en el experimento A y alto (0,21 kPa) o bajo (0,47 – 0,55 kPa) humedad durante el día en combinación de alta (0,16 kPa) o baja (0,45 – 0,50 kPa) humedad en la noche en el experimento B. La Alta humedad reduce la materia seca de las hojas tanto como la más alta salinidad. El contenido de Calcio (%) y la cantidad total de calcio (mg) acumulada por las hojas siempre disminuyeron con la más alta humedad, esta respuesta fue mayor durante la noche que durante el día y siempre se incrementó con el mayor nivel de calcio. La acumulación de calcio por el fruto fue marcadamente reducida por la baja humedad y por tanto, disminuyó.

Con la finalidad de determinar la influencia de la humedad disponible sobre la absorción de nutrimentos del tomate, bajo condiciones de invernadero, se instauró la presente investigación.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se estableció en los invernaderos de la Estación Experimental Santa Rosa, ubicada en el sector La Hechicera de la ciudad de Mérida, donde se realizó el semillero y luego se trasplantaron a unas bolsas plásticas bicapa (blanco-negro), el cual fué el lugar definitivo de cultivo. El sustrato utilizado estaba constituido por un material orgánico proveniente del procesamiento de la caña de azúcar que comercializa el Central la Pastora (Estado Lara, Venezuela) mezclado con arena en proporción 2:1, con un ciclo de cultivo de uso.

Fueron establecidos tres tratamientos (T1: 48 horas, T2: 72 horas, T3: 96 horas de humedad disponible en el sustrato) y tres repeticiones. La Figura 1, muestra un esquema del invernadero y la distribución de la línea principal y las mangueras de riego. La línea principal posee 7 mangueras de riego a las cuales surte de agua, cada manguera está dispuesta sobre una hilera de plantas y constituye una repetición de un tratamiento, a lo largo de la hilera se colocan los emisores sobre una bolsa con sustrato y en cada bolsa se sembró una planta.

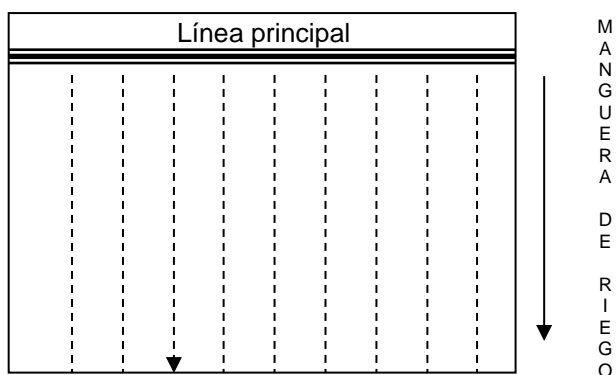


Figura 1. Esquema de distribución del agua de riego.

Se cultivaron 308 plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con un período de duración de 135 días. La muestra se constituyó por 3 plantas que se

seleccionaron al azar, a lo largo de la hilera (manguera de riego), en cada tratamiento, a intervalos de 15 días a partir de los 30 días después del trasplante y hasta aproximadamente los 135 días.

Para garantizar la uniformidad en cuanto a la fertilización, ésta se realizó sobre la superficie del sustrato, en forma sólida antes de un riego, lo cual permite solubilizar el fertilizante y las cantidades se establecieron de acuerdo a las dosis que se señalan en la tabla 2, considerando los requerimientos reportados en la literatura (Bar Yosef, 1999).

Para realizar los análisis de laboratorio las plantas seleccionadas en cada muestreo, primero se tomó el peso fresco de las muestras y se enviaron al laboratorio para la determinación del peso seco (60°C), y contenidos de nutrimentos. Las muestras correspondieron a planta entera, como a sus partes, hojas, tallos y raíces, sin embargo, sólo se reportan en este artículo aquellos que mostraron significación estadística.

Tabla 2.- Cantidades de fertilizante aplicados en g/planta/aplicación.

Edad de la planta	g de Fertilizante/planta/aplicación			Momento de aplicación en días después del trasplante
	Nitrato de Amonio	Nitrato de Potasio	Formula 15-5-30	
0 - 21	0,15	0,25	0,20	10, 15, 20
22 - 45	0,05	0,50	0,40	25, 30, 35, 40, 45
46 - 61	0,05	0,55	1,00	50,55, 60
62 - 89	0,08	0,95	0,60	65, 70, 75, 80, 85
90 - 111	0,32	0,10	0,20	90,95,100,105,110
112 - 150	0,135	-	0,70	115,120,125,130,135,140,145
150 - más	0,45	-	1,00	150,155,160,165

Cálculos propios.

Absorción de Nutrientes:

El material obtenido en los muestreos para materia seca fue sometido a análisis químico para la determinación de los contenidos de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Los muestreos se realizaron de acuerdo a las diferentes etapas fenológicas del cultivo, definidas en la tabla 3, garantizando que cada etapa debe estar representada en el muestreo.

Tabla 3: Etapas Fenológicas del Cultivo.

ddt*	Estado de crecimiento
0 - 21	Trasplante - Establecimiento
22 -45	Establecimiento - Floración

46 – 61	Fructificación a llenado de frutos
61 - 89	Maduración de frutos e inicio de recolección
90 – 111	Inicio de cosecha a Plena producción
111 – final	Plena producción a Final

***ddt.** = días después del trasplante **ente:** Maroto (1995), Folquer (1979)

Se debe tener claro que las definiciones de las etapas señaladas en la tabla anterior son orientadoras y solo las plantas en crecimiento dirán cuando termina cada etapa, en función de los criterios establecidos.

Procesamiento de la Información: Conociendo la cantidad de plantas por unidad de área se puede calcular la extracción en kg/ha y finalmente la curva de absorción (cantidades extraídas de cada elemento en cada etapa de muestreo), (Sancho, 1999).

Resultados y Análisis: Para determinar la influencia del contenido de humedad disponible sobre los procesos estudiados se realizó un análisis de variancia de los tratamientos y la prueba de mínima diferencia significativa para la comparación de las medias de los tratamientos, según Little y Jackson Hills (1981).

RESULTADOS

La acumulación de nutrimentos en las plantas estuvo relacionada con el crecimiento de la planta, de tal manera que las mayores acumulaciones de materia seca corresponden a las más altas acumulaciones de nutrimentos.

La acumulación durante el período de estudio fue baja y sólo durante el último muestreo se notó un aumento importante de esa acumulación, tal como señala Domínguez (1989), con relación a que durante los primeros dos meses la absorción es muy escasa y se incrementa a partir del cuajado del fruto (después de los 46 ddt).

a) Nitrógeno acumulado en plantas de tomate.

La acumulación de nitrógeno en plantas completas de tomate se muestra en la Figura 2, mientras en el muestreo inicial se presentaba mayor absorción en los tratamientos con menor contenido de humedad en el sustrato, quizá por el efecto

concentración debido a la falta de humedad, al final de las observaciones (66 ddt) la tendencia se invirtió, probablemente ocurra por la constitución de un buen sistema radical que absorbe intensamente. Independientemente de los tratamientos, la absorción de nitrógeno se incrementó con la edad del cultivo. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la acumulación de nitrógeno del tratamiento 1 (T1) con los tratamientos 2 y 3 (T2 y T3).

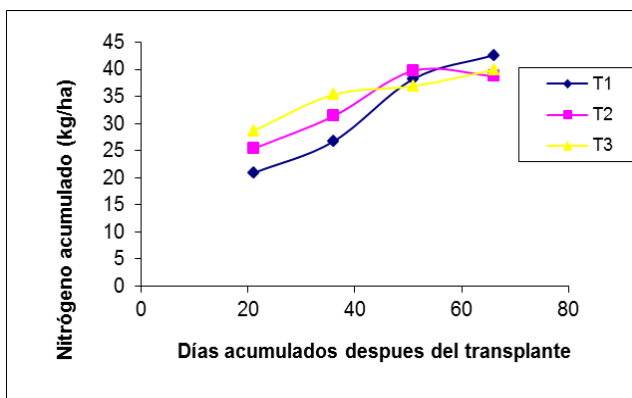


Figura 2. Nitrógeno acumulado en las plantas de tomate kg ha⁻¹, durante los primeros estadios de crecimiento sometido a diferentes umbrales de riego

b) Nitrógeno acumulado en hojas de tomate.

En la Tabla 4, se observa el análisis de variancia para estudiar el efecto de los tratamientos sobre la acumulación de nitrógeno en hojas de tomate encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos, es decir; que la acumulación de nitrógeno en hojas de tomates es afectada por la humedad disponible en los sustratos.

Tabla 4. Análisis de variancia para estimar el efecto de los tratamientos en la acumulación de nitrógeno en las hojas de tomate (%)

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	P	
Tratamiento (A)	2	2,28857	1,14429	7,62	0,0023	*
Repetición (B)	2	0,226569	0,13284	0,89	0,4239	ns
Fechas de muestreo (C)	3	5,41327	1,80442	12,02	0,0000	*
Interacción (A*B*C)	28	4,20229	0,15008			
Total	35	12,1698				

** Existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$)

* Existen diferencias significativas ($\alpha=0,05$)

ns No hay diferencias significativas

Mientras que, de acuerdo con la prueba de comparación de medias, mínima diferencia significativa (Tabla 5), muestra que para los tratamientos 1 y 2 (48 horas y 72 hora) no se encontraron diferencias, sin embargo, estos tratamientos si se presentaron con diferencias importantes con respecto al tratamiento 3 (96 horas).

Tabla 5. Prueba mínima diferencia significativa para la comparación de medias de los tratamientos de umbrales de humedad disponible, sobre los contenidos de Nitrógeno en hojas de tomate (%).

Tratamiento	1	2	3
Promedio	1,3750a	1,2008a	1,1550b

b) Fósforo acumulado en raíces de tomate.

El Fósforo es fundamental para las plantas jóvenes, la escasez de este elemento en la fase inicial del trasplante, puede llegar a retrasar la recolección en 2 o 3 semanas (Domínguez, 1989).

En la Tabla 6, se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos y entre las etapas de muestreo. Esto significa que la acumulación de fósforo en las raíces de tomate, cambia con la humedad disponible y durante el periodo de crecimiento. La prueba de comparación de medias, demuestra que los tratamientos 1 y 2 (80% y 50%) y 2 y 3 de humedad disponible, son estadísticamente iguales, sin embargo, las medias del tratamiento 1 y 3 son estadísticamente diferentes, lo que demuestra que la condición de humedad en el sustrato puede promover la acumulación de fósforo en las raíces de tomate durante los primeros 66 días de crecimiento. Esto resultados son congruentes con los reportados por Nijensohn et al. (1962), donde señalan que se requieren altos niveles de humedad en el suelo (sustrato) para que el tomate responda a los fertilizantes fosforados.

Tabla 6. Análisis de la variancia para estimar el efecto de los tratamientos en la acumulación de fósforo en la raíz de tomate.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	P	
Tratamiento (A)	2	0,06311	0,03155	5,76	0,008	**
Repetición (B)	2	0,01177	0,00589	1,07	0,3552	ns
Fechas de muestreo (C)	3	0,13810	0,04603	8,40	0,0004	**
Interacción (A*B*C)	28	0,15341	0,00548			
Total	35	0,36639				

** Existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$)

* Existen diferencias significativas ($\alpha=0,05$)

ns No hay diferencias significativas

La Tabla 7, muestra la prueba mínima diferencia significativa para la comparación de medias de los tratamientos de humedad disponible en el sustrato, sobre los contenidos de fósforo raíces de tomate (%).

Tabla 7. Prueba mínima diferencia significativa para la comparación de medias de los tratamientos de humedad disponible en el sustrato, sobre los contenidos de fósforo raíces de tomate (%).

Tratamiento	1	2	3
Promedio	0,3117a	0,2575ab	0,2092b

c) Potasio acumulado en tallos de plantas de tomate.

Según muestra la Figura 3, sólo se pudo constatar el efecto de los tratamientos de humedad disponible en los sustratos sobre la concentración de potasio en los tallos, observándose que la acumulación de potasio en los mismos es mayor en los tratamientos 1 y 2 (2,2567 y 2,624 por ciento, respectivamente) y estadísticamente similares, mientras que el tratamiento 3 presentó menor acumulación de potasio (2,0433 por ciento). Esto podría deberse a que la actividad del potasio está estrechamente vinculada a los movimientos en masa de iones, sin embargo, es difícil establecer la razón precisa por la cual se acumula principalmente en los tallos ante las aplicaciones de distintos tratamientos, lo que requiere mayor investigación. La Tabla 8, presenta el análisis de la variancia para estimar el efecto de los tratamientos en la acumulación de potasio en los tallos de plantas de tomate (%). La Tabla 9, muestra la prueba de mínima diferencia significativa para la comparación de medias de los tratamientos de humedad disponible en el sustrato, sobre los contenidos de potasio en tallos de plantas de tomate (%).

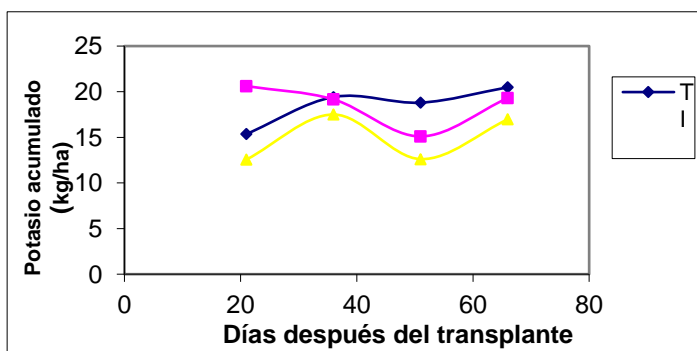


Figura 3. Potasio acumulado en los tallos de tomate, durante los primeros estadios de crecimiento sometidos a diferentes umbrales de riego.

Tabla 8. Análisis de la variancia para estimar el efecto de los tratamientos en la acumulación de potasio en los tallos de plantas de tomate (%)

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	P	
Tratamiento (A)	2	2,07174	1,03587	3,5	0,0439	*
Repetición (B)	2	0,31887	0,15944	0,54	0,5891	ns
Fechas de muestreo (C)	3	3,15336	1,05944	3,56	0,0269	*
Interacción (A*B*C)	28	8,27879	0,29567			
Total	35	13,8228				

** Existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$)

* Existen diferencias significativas ($\alpha=0,05$)

ns No hay diferencias significativas

Tabla 9. Prueba mínima diferencia significativa para la comparación de medias de los tratamientos de humedad disponible en el sustrato, sobre los contenidos de Potasio en tallos de plantas de tomate (%).

Tratamiento	1	2	3
Promedio	2,2567a	2,6242ab	2,0433b

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio indican que la absorción de nutrientes durante las primeras 6 semanas después del trasplante es muy baja, incrementándose en fructificación.

La absorción de nitrógeno en plantas enteras de tomate fue afectada por la cantidad de agua disponible en el sustrato. También fueron afectadas por la disponibilidad de agua en los sustratos, la acumulación de fósforo en hojas y raíces y de potasio en tallos.

El uso del riego por goteo podría facilitar la distribución de fertilizantes en las etapas de mayor requerimiento por parte del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, P y R. Holder. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Horticultural Science*, 67(1):137-142.
- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in Fertigation. *Advances in Agronomy*, 65:1-77.
- Domínguez Vivancos, A. (1989). *Tratado de Fertilización*. 2da edición. Ediciones Mundi-Prensa.

- Folquer, F. 1979. El Tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisferio Sur S. A. 105p.
- Francois, L. E. 1984. Effect of Excess Boron on Tomato Yield, Fruit Size and Vegetative Growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109(3):322-324.
- Guzmán Pérez, J. E. 1985. El Cultivo del Tomate. Espasande S.R.L. Editores. 61p.
- Hegde, D. M. 1987. Growth Analysis of Bell Pepper (*Capsicum annum L.*). In relation to soil moisture and Nitrogen fertilization. *Scientia horticulturae*. 33: 179-187.
- Huett, D. O. y B. Dettmann. 1988. Effect of nitrogen on groth, fruit quality and nutrient uptake of tomato grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28:391-399.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. *Studies in Biology* Nº 96. London: Edward Arnold.
- Little, T. M. y Jackson Hills F. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trilla. México. 270p.
- Maroto, J. V. 1995. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa. 4ta edición. Madrid. 611p.
- Norrie, J., M. E. D. Graham, J. Charbonneau y Aa. Gosselin. 1995. Impact of irrigation management of greenhouse tomato: Yierd, nutrition, and salinity of peat substrate. *Can. J. PlantSci.* 75:497-503.
- Ortega-Farías, S., J. Márquez, H. Valdés y J. H. Pailán. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill. Cv FA-144*) de invernadero, producido en otoño. *Agric. Téc.*, [on line]. Vol. 61, Nº. 4. P. 479-487. Consultado el 15 de Febrero de 2005. Disponible en la World Wide Web: http://www.scielo.cl/?scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072001000400010&Ing=es&nrm=iso. ISSN 0365-2807.
- Sancho V., H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones agronómicas*, No. 36:11-13.

FAGOPYRUM ESCULENTUM; UNA SOLUCIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN LA AGRICULTURA DEL PÁRAMO MERIDEÑO.

FAGOPYRUM ESCULENTUM; AN AGROECOLOGICAL SOLUTION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE AGRICULTURE OF THE MERIDEÑO MOOR.

¹Quintero Leobardo, ¹Durán Mariano.

¹Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

E-mail: leobardojoseq9@gmail.com, mjdurann4@gmail.com

Fecha de inicio: 15/08/2023

Fecha de finalización: 27/11/2023

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/2024.24.e.02>

RESUMEN

El trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) ha surgido como un cultivo prometedor en el ámbito de la agricultura sostenible y con el enfoque agroecológico, este cultivo presenta múltiples beneficios ya que no es solo rentable si no también contribuye a la preservación de los suelos agrícolas. En este estudio se realizó un experimento en el sector Mucunutan del estado Mérida, con el fin de obtener información sobre los rendimientos del trigo sarraceno. El promedio de la producción, por hectárea en diferentes altitudes, fue de 2290 kg/ha (2,29 t/ha), resultados similares a los obtenidos en países productores de trigo sarraceno. A diferencia de otros cultivos convencionales el trigo sarraceno es considerado una planta amigable con el medio ambiente debido a su capacidad para mejorar la estructura del suelo y promover la biodiversidad. Su sistema radicular profundo ayuda a reducir la erosión y a retener nutrientes esenciales en el suelo evitando la degradación, además el trigo sarraceno requiere menos insumos químicos y fertilizantes sintéticos, lo que lo convierte en una opción viable para la agricultura agroecológica, su rápido crecimiento y resistencia a plagas y enfermedades también lo hacen atractivo desde el punto de vista económico. Este cultivo presenta un ciclo productivo corto alrededor de 75 días, que permite obtener la cosecha en menor tiempo que otros rubros tradicionales de la zona. En cuanto a su valor nutricional posee características particulares como la ausencia de gluten, además posee aminoácidos esenciales como la lisina. Alto contenido en fibra, rutina, omega-6 y antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, ayuda a combatir estreñimiento regulando el tránsito intestinal, regula los niveles de azúcar en la

sangre, puede mejorar la resistencia de la insulina y la diabetes. El trigo sarraceno puede ser más rentable en zonas con climas extremos y con pocas posibilidades de producción. La inclusión de la producción de trigo sarraceno en el páramo merideño puede mejorar la economía de las comunidades locales, ya que puede venderse al precio de un producto orgánico, generando otra fuente de ingresos para los productores ofreciendo múltiples beneficios para una agricultura sostenible.

Palabras clave: alimento, saludable, ecosistema, recurso, biodiversidad, preservación, sustentable.

ABSTRACT

Buckwheat has emerged as a promising crop in the field of sustainable agriculture and with the agroecological approach, this crop has multiple benefits since it is not only profitable but also contributes to the preservation of agricultural soils. In this study, an experiment was carried out in the Mucunutan sector of the State of Merida, in order to obtain information on the yields of buckwheat. The average production, per hectare at different altitudes, was 2290 kg/ha (2.29 t/ha), results similar to those obtained in buckwheat producing countries.

Unlike other conventional crops, buckwheat is considered an environmentally friendly plant due to its ability to improve soil structure and promote biodiversity. Its deep root system helps reduce erosion and retain essential nutrients in the soil, preventing degradation. In addition, buckwheat requires fewer chemical inputs and synthetic fertilizers, making it a viable option for agroecological agriculture due to its rapid growth and resistance. Pests and diseases also make it attractive from an economic point of view. This crop has a short productive cycle of around 75 days, which allows several options when deciding to plant it. Regarding its nutritional value, it has particular characteristics such as the absence of gluten and essential amino acids such as lysine. High in fiber, rutin, omega-6 and antioxidants that help prevent cardiovascular diseases, helps combat constipation by regulating intestinal transit, regulates blood sugar levels, and can improve insulin resistance and diabetes. Buckwheat can be more profitable in areas with extreme climates and few production possibilities. The inclusion of buckwheat production in the Merida páramo can improve the economy of local communities, since it can be sold at the price of an organic product, generating another source of income for producers and having multiple benefits for sustainable agriculture.

Key words: Food, healthy, ecosystem, resource, biodiversity, preservation, sustainable.

INTRODUCCIÓN

El trigo sarraceno o alforfón (*Fagopyrum esculentum*), es un cultivo tradicional de los países europeos y en la zona templada del continente asiático (Pohliobkin, 2008), el alforfón, como producto alimenticio no tiene una distribución en el mundo como el trigo común, arroz, maíz y frijoles por que la exportación de este cultivo es insignificante y su producción se limita actualmente al mercado de consumo interno de los países que lo producen, siendo pocos los países exportadores. La patria del alforfón es del este de Asia fue cultivado por los antiguos pueblos de la India y China. El trigo sarraceno se cultivó en la época más antigua entre los siglos I-II de nuestra era, es posible que el trigo sarraceno llegara a Rusia desde asentamientos griegos a orillas del mar negro. Mientras los griegos tomaron prestado esta cultura de Armenios que tenían conexiones con los antiguos pueblos de la India en los países de Europa Occidental apareciendo en los siglos XV-XVI (Novikov, 2010), siendo los principales importadores de trigo sarraceno Japón, Francia e Italia. El valor nutritivo del trigo sarraceno es alto por su buen contenido en proteína, alta proporción de aminoácidos esenciales, favorables cantidades de vitaminas y minerales, y abundancia en fitonutrientes con potencial antioxidante y capacidad para el tratamiento de enfermedades como la quercetina y rutina (Ahmed et al., 2013). Sus granos se consumen enteros o molidos para obtener una harina con la que se elaboran diversos tipos de panes, galletas y pastas.

En España, la demanda de trigo sarraceno está ganando importancia en el mercado debido a la posibilidad de preparar con su harina panes libre de gluten apreciados por la comunidad de pacientes celíacos. El trigo sarraceno ofrece múltiples ventajas debido a su valor nutricional y su carácter sin gluten, proporcionando beneficios para la salud, económicos, ventajas ecológicas, agrícolas sostenibles, mejorando la salud del suelo, fomenta la biodiversidad. Se espera que con el uso del cultivo del trigo sarraceno en la agricultura del páramo meridiano se contribuirá a una producción agrícola más ecológica y sostenible para las personas de esta localidad que permita tener beneficios óptimos y sustentables.

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se presenta la metodología a seguir para obtener los resultados, análisis estadísticos. El procedimiento investigativo se fundamenta con la búsqueda de información necesaria del trigo sarraceno para poder establecer el cultivo de manera correcta y eficiente. Además, se utilizará en la metodología el análisis estadístico necesario para poder observar los resultados del rendimiento del trigo sarraceno a diferentes altitudes. Partiendo en primer lugar de ensayos realizados sobre el cultivo del trigo a diferentes altitudes del sector Mucunutan, municipio Santos Marquina, del estado Mérida-Venezuela, como estudio piloto. Los datos recolectados en campo se obtuvieron de 5 lotes plantados, en cada una de las diferentes altitudes 1700, 1750 y 1800 m.s.n.m, en el sector Mucunutan. Estos resultados se proyectaron a una hectárea de superficie. Cada parcela tuvo un área de 60 m². Las herramientas estadísticas utilizadas incluyen el diagrama de cajas (box plot), para observar los valores de la media, mediana y moda de la producción a diferentes altitudes, el histograma y el Análisis de Varianza (ANOVA) para probar la hipótesis nula de igualdad de medias del trigo sarraceno a diferentes alturas. Para detectar las diferencias entre las medias a diferentes alturas se procedió a realizar el análisis a posteriori aplicando el test de Duncan. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Problems and Solution Solver).

Preparación del suelo

Contempla el eliminar las hierbas y raíces que pueda tener el terreno y que puedan perjudicar el crecimiento y desarrollo del cultivo. Posteriormente, mediante el uso de un equipo rastrillo, remover la tierra entre 20 y 25 cm, con la finalidad de que este se airee.

Materiales requeridos

Tractor para zonas planas, rastra de discos y yunta de bueyes para pendientes. Para establecer correctamente el cultivo de trigo sarraceno es importante preparar bien el suelo para disponer de un suelo liso y sin terrones. Su cultivo no es muy exigente en cuanto a tipo de suelo, pero no tolera muy bien la compactación de éste. Por esto es importante trabajar el suelo o

incorporar materia orgánica para oxigenarlo.

Siembra

Se introduce en la tierra las semillas de alforfón con una profundidad entre 4 y 6 cm a una distancia entre hileras de 30 cm. La cantidad de semilla a aplicar es de 50 kg/ha, en 50 kg hay aproximadamente 1700000 semillas. En esta etapa se recomienda humedecer el terreno, implementando un sistema de riego por aspersión, de manera continua, con un mínimo de 2 horas diarias durante los primeros 3 a 4 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Al igual se deben intercalar las aplicaciones de agua luego de los primeros 4 días bajo una frecuencia de riego de una vez por semana, dependiendo de las exigencias de la planta, recordando que este cultivo no se desarrolla en ambientes inundados o con mucha humedad.

Equipos

Sembradora mecánica, empleando para ello un tiempo de 4 a 5 horas por hectárea.

Desarrollo y crecimiento

Proceso mediante el cual la planta germina, desarrolla y crece llegando a su madurez, momento en el cual se encuentra apta para ser cosechada. En condiciones óptimas, la planta de alforfón puede alcanzar alturas de 1,5 m, depende de factores como la humedad, el tipo de suelo, temperatura ideal, vientos fuertes que producen la caída del cultivo y heladas. No se recomienda la aplicación de riego el último mes de madurez para que la semilla seque y facilite su cosecha.

Cosecha

Se realiza posterior a los 60 a 70 días del ciclo del cultivo aproximadamente, cuando al menos el 75% de los granos ya se encuentren maduros. El corte de las plantas puede hacerse mediante una mini trilladora o de forma manual, dependiendo del tamaño de la parcela. Posterior a la trilla, las semillas deben tener un proceso de prelimpieza y puestos en sacos para ser transportados al lugar de almacenamiento y comenzar su proceso de refinado. Los equipos

requeridos para esta labor consisten de una mini trilladora, machete, prelimpiadora (cedazo) y sacos.

Limpieza y envasado

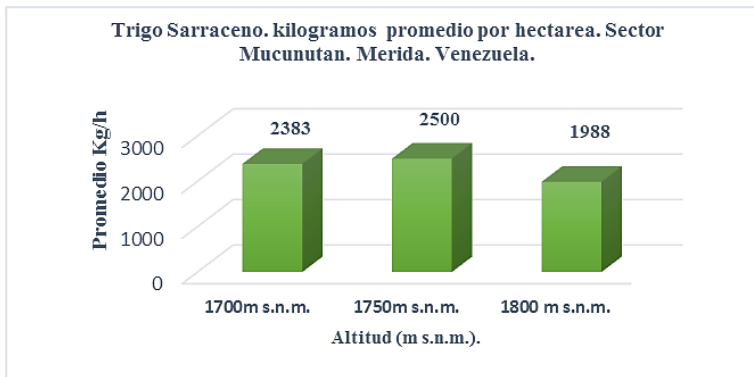
Se introduce el producto de la trillada en un cedazo para eliminar las impurezas grandes como las piedras y terrones, luego se pasa por otro cedazo más fino para eliminar las impurezas pequeñas. En este punto ya se encuentra la semilla en condiciones de ser vendido como semillas, o para la producción de la harina integral. El siguiente proceso es introducirlo a la descascaradora de alta eficiencia donde se eliminan todos los restos de cascara, obteniéndose un grano limpio y disponible para su venta en el formato que deseado. Los equipos requeridos en esta fase son un cedazo grueso, cedazo fino, descascaradora, molino de trigo.

Distribución y venta

Luego de tener un producto envasado debe ser distribuido a los clientes ya sea en tiendas minoristas, productores de cereal y otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1, muestra la producción de trigo sarraceno, a diferentes altitudes en el sector Mucunutan, municipio Santos Marquina del estado Mérida, donde se puede visualizar que a una altitud de 1700 m.s.n.m. y 1750 m.s.n.m. el rendimiento de trigo alcanzó su mayor valor de 2383 a 2500 kg/ha (2,38 a 2,5 t/ha), en comparación a una altitud de 1800 m.s.n.m, donde la producción fue de 1988 kg/ha (1,99 t/ha). El promedio de los rendimientos en las diferentes altitudes del sector Mucunutan, fue de 2290 kg/ha (2,29 t/ha). Similar a la de algunos países productores de trigo sarraceno.



Fuente: Elaboración propia

Figura1. Producción de trigo Sarraceno Sector Mucunutan. Mérida-Venezuela

Análisis de la Varianza

Para determinar si existen diferencias significativas en la producción por hectárea al comparar las tres altitudes en el sector Mucunutan, se realizó un análisis estadístico conocido como análisis de la varianza con los resultados de los lotes que fueron plantados a diferentes altitudes. La hipótesis nula planteada está referida a que no existen diferencias estadísticas significativas en la producción de trigo sarraceno sembrado a diferentes altitudes, es decir qué; los rendimientos promedios por hectárea (kg/ha), del trigo sarraceno a diferentes altitudes es la misma.

La hipótesis estadística se muestra a continuación:

$H_0: \mu_{(1700 \text{ m.s.n.m.}, \text{ prodTS,h})} = \mu_{(1750 \text{ m.s.n.m.}, \text{ prodTS,h})} = \mu_{(1800 \text{ m.s.n.m.}, \text{ prodTS,h})}$

$H_1: \text{por lo menos una media diferente.}$

El Cuadro 1, presenta los resultados del ANOVA mostrando que la significancia fue de 0,008** con diferencias altamente significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de la producción promedio del trigo sarraceno cultivado a diferentes altitudes.

Cuadro 1. Análisis de la varianza.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	720072,593	2	360036,296	7,522	,008
Intra-grupos	574377,871	12	47864,823		
Total	1294450,464	14			

Con el fin de determinar dónde están las diferencias se procedió a realizar el análisis a posteriori aplicando la prueba de Duncan. El Cuadro 2, muestra los resultados de la prueba de Duncan.

Cuadro 2. Prueba de Duncan.

Producción por ha de trigo Sarraceno			
Duncan			
Altitud	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1800	5	1988	
1700	5		2383
1750	5		2500
Sig.		1,000	,416
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.			

En el Cuadro 2, se puede observar que se formaron dos grupos. En el primer grupo con una producción promedio por hectárea de 1988 kilos, aparece la altitud de 1800 m.s.n.m. En el segundo grupo aparecen los resultados de la producción de trigo sarraceno a las altitudes de 1700 y 1750 m. s.n.m. con rendimientos de 2383 y 2500 kilos por hectárea respectivamente.

De lo anterior se deduce que hay diferencias estadísticamente significativas al comparar los rendimientos del trigo sarraceno a las altitudes de 1800 m.s.n.m. (1988 kg/ha) al compararlos con los rendimientos de las altitudes de 1700 m.s.n.m. y 1750 m.s.n.m. (2383 kg/ha y 2500 kg/ha). El análisis indica que

desde el punto de vista estadístico no hay diferencias de los rendimientos entre las altitudes de 1700 m.s.n.m. y 1750 m.s.n.m. (2383 kg/ha y 2500 kg/ha). Se observó que los rendimientos a una altitud de 1800 m.s.n.m. fueron los más bajos.

CONCLUSIONES

Se evidenció a través de los análisis estadísticos y de la metodología empleada para desarrollar este cultivo, que los rendimientos del trigo sarraceno, en esta investigación varían a diferentes altitudes. Los rendimientos obtenidos en la zona de estudio son buenos en comparación con los promedios de otros países. Además, es un cultivo anual, que se adapta perfectamente a esta zona del país presentando un ciclo productivo muy corto de alrededor de 70 días que no requiere fertilizantes debido a la condición de fertilidad de los suelos presentes. El trigo sarraceno tiene un gran potencial, en cuanto a sus atributos económicos, nutricionales, alimenticios y ecológicos lo cual lo hacen una alternativa con miras a mejorar el ingreso económico en las familias del páramo merideño y del país. Es un cultivo resistente a plagas y enfermedades, su valor nutricional en cuanto a proteínas, minerales, fibras, ausencia de gluten, lo hacen un cultivo innovador. Su establecimiento permitirá hacer extensión a otros lugares del estado Mérida Venezuela, promoviendo la agricultura agroecológica que tiene como objetivo primordial la obtención de alimentos sanos y de calidad, respetando el medio ambiente y conllevando a la equidad social. El trigo sarraceno puede contribuir a la preservación de la diversidad genética de las especies cultivadas y a la protección de los ecosistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. C. G. C. 2016. Alforfón: alternativa para combatir el hambre en zonas de pobreza.
- Clémence, C. 2016. Trigo sarraceno. Barcelona, Beta Editorial Barcelona.
- Coyoy, P. 2012. El agrónomo que quiso erradicar el hambre.
- DIONISI, C. 2012. Cadena agroalimentaria trigo sarraceno; Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Agropecuarias; Área de Consolidación: tecnología de Agro alimentos
- Fantasia, M. R. 2009. Trigo sarraceno: grado de aceptabilidad y frecuencia de consumo.

- Fernández Salvador, N. 2017. Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y té. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/4107>. <https://inta.gob.ar/documentos/trigo-sarraceno-o-alforfon-una-alternativa-mas>
- Jiménez, R. M. 1991. La Real Sociedad Patriótica de La Habana en el rescate de la variedad «naturalizada» del trigo de Villa Clara, Asclepios, pp. 2-43, 117-128.
- Kashinceva, D. R. 2010. El mercado de trigo sarraceno en 2009–septiembre 2010. Obtenido de Research company, ID-Marketing: <http://id-marketing.ru/good>.
- KEIL, Aldana J. (2020) Evaluación en diferentes condiciones de germinación y crecimiento inicial de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench). Tesis Doctoral.
- Mikhailovich, G. N. 2019. Las bases para cultivo de alforfón (trigo sarraceno) (*Fagopyrum esculentum*) en Centroamérica. Revista Científica Tecnológica, pp.1-2, 8-13.
- Ministerio de Producción y Trabajo. 2015. Secretaría de Agroindustria. Ficha 44. Trigo sarraceno: Una opción diferente. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/fichas/pdf/Ficha_44_TrigoSarraceno.pdf.
- Naumenko, A. N. 2014. Alforfón beneficioso. Obtenido de KlubKom, <http://klubkom.net/posts/59697>.
- Novitskiy, I. 2017. Cultivo de alforfón: tipos y los modos de aplicación. Obtenido de Selhozportal, <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/vozdelyvanie-grechihivarianty-primeneniya-i-osobennostivyrashhivaniya/>.
- Penagos, M.D. 1959. Valiosas investigaciones sobre el trigo sarraceno como fuente de proteínas.
- Pérez, A. 2011. Fichas técnicas AGRACON: Manejo de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*).
- Ventimiglia, L., Torrens. 2018. Trigo Sarraceno o Alforfón, una alternativa más.
- Vysotskiy, D. 2013. El estado actual y las tendencias principales del mercado de alforfón. Obtenido de APK Inform, <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/101295>.

LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VENEZOLANA COMO BASE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.

VENEZUELAN ENVIRONMENTAL LEGISLATION AS A BASIS FOR ECOLOGICAL RESTORATION.

Dugarte Simón.

Instituto para el Desarrollo Forestal (INDEFOR), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-4942-0570>.

E-mail: dugarte.simond@gmail.com

Fecha de inicio: 17/07/2023

Fecha de finalización: 18/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/2024.24.e.03>

RESUMEN

La destrucción del bosque o su reducción por cambio de uso no solo afecta la diversidad biológica arbórea que lo simboliza sino las especies presentes en nichos ecológicos pequeños, y las interacciones abióticas que permiten formaciones de diferentes hábitats. Lo deseable es no aplicar metodologías de restauración, lo óptimo, la conservación de bosques como un todo, como un ecosistema y aquellos que presentan diferentes grados de intervención, su restauración debe apuntar a garantizar la biodiversidad original en sus diferentes componentes vivos, como forma de acercarse a funciones ecosistémicas iniciales. Las causas de desaparición del bosque en Venezuela coinciden con lo reportado por Hosonuma et al. (2012). La agricultura comercial, pastoreo extensivo, cultivo de palma aceitera, agricultura de subsistencia (conucos), usos urbanos, sub urbanos y minería, vienen precedidas por una destrucción ilegal, gradual o violenta de la cubierta forestal. En áreas donde el bosque ha sido impactado, la legislación ambiental venezolana contempla diferentes instrumentos jurídicos para mitigar la disminución de la cobertura boscosa en nuestro territorio, establece estrategias técnicas pertinentes para la recuperación de la cobertura bajo un marco legal definido y con participación comunitaria, como garante de la restauración y de funciones ecosistémicas.

Palabras claves: Legislación ambiental, marco jurídico, restauración ecológica

ABSTRACT

The destruction of the forest or his reduction by the change of use not only affects the arboreal biological diversity that it symbolizes, but also the species presents in small ecological niches, and the abiotic interactions that allow the formation of differents habitats. The desirable is not to apply restoration methodologies, the optimal, the

conservation of the forest like an everything, as an ecosystem and those that presents differents degrees of intervention, their restoration should aim to guarantee the original biodiversity in his differents living components, as a form of approach initial ecosystem functions. The causes of the disappearance of the forest in Venezuela coincide with what was reportes by Honosuma et al. (2012) Commercial agriculture, extensive grazing, oil palm cultivation, subsistence agriculture (conucos) urban and sub-urban uses and mining, are preceded by an illegal, gradual or violent destruction of the forest cover. In areas where the forest has been impacted Venezuelan environmental legislation contemplates different legal instruments to mitigate the decrease in forest cover in our territory, establishes pertinent technical strategies for the recovery of the cover under a defined legal framework and with community participation, such as guarantor of restoration and ecosystem functions.

Key words: Environmental legislation, legal framework, ecological restoration

INTRODUCCIÓN

La legislación ambiental venezolana ha tenido una evolución conceptual enmarcada en el desarrollo sostenible, que ha permitido diseñar instrumentos jurídico específicos para darle la sustentación legislativa, que vinculan las actividades de restauración ecológica y participación social, relacionando sus principios con elementos conceptuales del derecho. En el escenario internacional, el estado venezolano ha suscrito la mayoría de convenios internacionales en materia ambiental, la regulación para el comercio de productos y servicios tecnológicos no amigables con el ambiente y la reducción de actividades que favorecen el calentamiento global y el cambio climático, entre otros.

Venezuela no escapa, a la realidad global del cambio climático y el calentamiento global, por tanto, es necesario precisar el marco jurídico, que sostenga alternativas mitigantes a estas realidades, como es, la restauración ecológica.

I. Definición de restauración ecológica.

De acuerdo con la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER), es un proceso mediante el cual se ayuda o asiste a la recuperación de

ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos, en función de la capacidad de resiliencia de este, con el fin de conservar o reponer un capital natural, además de la restitución de los servicios ecosistémicos para su disfrute por parte de la sociedad. Debe considerarse que volver al estado original del ecosistema, no es viable termodinámicamente, puesto que toda degradación ambiental lleva una pérdida irreversible de energía. Sin embargo, se intenta potenciar un nuevo proceso natural que se aproxime al estado natural original.

II. La restauración como elemento del desarrollo sostenible.

Los elementos que perfilan el término de Desarrollo Sostenible se contemplan en una sucesión de conferencias auspiciadas por Naciones Unidas entre las que destacan; la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo, 1972; El Informe Brundtland, "Nuestro Futuro Común", es un informe publicado en 1987 para las Naciones Unidas. En este informe, se utilizó por primera vez el término Desarrollo Sostenible; en la Cumbre para la Tierra de 1992, se reconoció internacionalmente el hecho de que la protección del ambiente y la administración de los recursos naturales deben integrarse en las cuestiones socio-económicas de pobreza y subdesarrollo; para 2002 la controversial cumbre sobre Desarrollo Sostenible o Río +10, en Johannesburgo, la cual presentó dificultades en los acuerdos; y en el año 2015 la agenda 2030, sobre el Desarrollo Sostenible, donde asumen 17 objetivos de Desarrollo Sostenible, estrategias y metas para una aproximación al modelo.

No solo se da un proceso conceptual en los países que suscriben dichos acuerdos, sino se abre paso a una nueva legislación denominada "los derechos humanos de tercera generación", o derecho ambiental, y se asume, el concepto planteado por el informe Brundtland de Desarrollo Sostenible, como el modelo de desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de la generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades; pese a que se omite si avances tecnológicos abrirán puertas a nuevos recursos.

Como herramienta garante de este modelo, es necesaria la multi o pluridisciplinariedad, ejecutada por la gestión ambiental con la participación ciudadana, en diferentes niveles de organización, para obtener adecuaciones político-legales y administrativas bajo una valoración aproximada, económica y

ambiental. El paradigma metamodernista de Desarrollo Sustentable puede haber dilatado la problemática socio ambiental de manera puntual, de forma global aún es necesario profundizar en el sendero del desarrollo, con nuevas concepciones ambientales, sociales y de justicia, para ello se propone los Objetivos del Desarrollo Sustentable, y a la par surge tímidamente nuevos paradigmas como el Green New Deal.

De acuerdo con la definición establecida de restauración ecológica, como estrategia de recuperación de ecosistemas y restitución de capital ambiental para el disfrute de la sociedad, comulga, como proceso o herramienta, para garantizar el fundamento del desarrollo sostenible, de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

III. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV). GORBV N° 36.860 del 30/12/1999.

La materia ambiental se encuentra definida a lo largo de la constitución, como principio de la sociedad venezolana. Norma y configura el estado, sus funciones, el territorio, políticas, los deberes y derechos de la ciudadanía, función pública, relaciones internacionales, entre otros. Se consagra, en el preámbulo de la CRBV, como un objetivo de la refundación republicana como Sociedad además de democrática, participativa y protagónica, una sociedad multi étnica y pluricultural, dentro del estado, de esta manera se reconoce, la diversidad de culturas y pueblos originarios que se encuentran en el territorio y forman parte de la sociedad, así, comenzará a desarrollarse una legislación particular para integrar, proteger y potenciar la participación de los pueblos indígenas, además de contemplar a nivel constitucional, los derechos de dichos pueblos; también se introduce el concepto de equilibrio ecológico y los bienes Jurídicos ambientales, como parte del estado y patrimonio común e irrenunciable; de esta manera, los procesos y técnicas de restauración, se encuentran, formando parte garante de dicho patrimonio común, puede considerarse parte definitoria del preámbulo de la Constitución.

En materia ambiental la CRBV contempla los principios del estado, de concurrencia y corresponsabilidad, los derechos colectivos y difusos, además su

protección en órganos de administración de justicia y su tutela efectiva. Señala que el aprovechamiento de los recursos naturales se realizará sin lesionar la integridad cultural, social y económica, y contempla el derecho de los pueblos indígenas a participar en programas de desarrollo local sustentable. El capítulo IX, es considerado un pilar importante en materia ambiental puesto que contempla como un derecho y deber la protección del ambiente y su mantenimiento para las generaciones presentes y del mundo futuro, lo plasma además, como un derecho colectivo e individual, el ambiente sano y la protección de las especies vivas, la ordenación del territorio en función de las realidades ecológicas y las premisas del desarrollo sustentable, lo contempla como principio de precautoriedad, el estudio de impacto ambiental y socio cultural, bajo el mismo principio, procede en el Título IV, del poder público, a amparar explícitamente el ambiente, en todos los contratos con la república, en este articulado, se vincula la restauración, con elemento y principio constitucional.

Es principio de las relaciones internacionales, la defensa ambiental, brinda, garantías y obligatoriedad en el cumplimiento de tratados internacionales, en materia de derechos humanos, pueblos indígenas, cambio climático, sostenibilidad, protección ambiental y materias afines.

La protección del ambiente corresponde a diferentes instituciones del estado, el poder público municipal, posee competencia en dicha materia, particularmente administrativa, y la defensoría del pueblo, en derechos colectivos y difusos.

En materia socio económica, la constitución, fundamenta esta actividad bajo el principio de protección del ambiente, de igual forma, este principio se encuentra dentro de las funciones de Seguridad de la Nación, al igual que la protección de parque nacionales y pueblos indígenas.

IV. Ley Orgánica del Ambiente. GORBV N° 5.833 del 22/12/2006.

La ley orgánica del ambiente establece, las disposiciones y principios rectores para la gestión del ambiente, siendo el desarrollo sustentable un derecho y un deber fundamental, así como establece el articulado, que desarrollan las garantías constitucionales de, un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado.

Presenta una serie de definiciones de aplicación legal, entre la cuales resalta, la gestión ambiental como una acción de restaurar, como garantía del

desarrollo sustentable, entre otros conceptos legales, se encuentran: el de restablecer, mejorar, reparación, calidad del ambiente, ecosistema, preservación y otros.

Establece la ley los principios de la gestión ambiental, los cuales son: La corresponsabilidad, es el deber del estado y de la sociedad; La prevención, como principio que prevalece sobre cualquier otro criterio; la Precautoriedad, la falta de certeza científica no podrá alegarse para no adoptar medidas en favor del ambiente; Limitación a los derechos individuales, los derechos ambientales prevalecen sobre los derechos sociales y económicos, y la tutela efectiva, donde cualquier persona tiene derecho a exigir acciones administrativas o ante la justicia, en defensa del ambiente.

Otros principios consagrados están:

La Participación Ciudadana, la Educación Ambiental, Responsabilidad de los Daños Ambientales, Evaluación de Impacto Ambiental y Daños Ambientales. En función a esto, la ley, declara de utilidad pública y de interés general la gestión del ambiente, por lo tanto, la restauración es una actividad central y prioritaria en cualquier circunstancia, y se refrenda en los objetivos de la gestión ambiental fundamentados en sus principios, resaltando la elaboración y desarrollo de estrategias para remediar y restaurar los ecosistemas degradados.

Además, se contempla la creación de la dirección nacional ambiental y la institucionalidad que administrara la materia, las instituciones y poderes públicos que coadyuvan. Desarrolla, la ley, los lineamientos para formular la planificación ambiental de la nación, fundamentado sobre el paradigma del desarrollo sustentable, la participación social, comunidades indígenas y organizaciones ambientales.

Un aspecto importante de la ley en materia de tutela efectiva o protección inmediata, son los bancos de germoplasma, de genes o de tenencia de diversidad biológica, debido a que allí, se encuentra material para las actividades de restauración. Igualmente, la restauración se contempla de forma explícita para la formulación de planes especiales de gestión y conservación de los suelos, la obligatoriedad de toda persona jurídica o natural que aproveche recursos naturales, de ejecutar medidas de restauración.

V. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio. GORV No. 3.238 del 11/08/1983.

La ley establece el proceso de ordenación del territorio, con un enfoque aún, desde los criterios sencillos del desarrollo económico social a largo plazo, regulando y promocionando actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre, el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación, el uso de los recursos naturales, la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales del desarrollo integral. Contempla diferentes áreas bajo régimen de administración especial que, por sus características físicas, naturales se destinen a la protección y conservación ambiental, desarrollos agrícolas, energéticos o al aprovechamiento de recursos.

En función de restauración ambiental, la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio contempla las áreas de manejo integral de recursos naturales, las cuales deben contemplar las siguientes características:

Las Áreas de Protección y Recuperación Ambiental, compuestas por todas aquellas zonas donde los problemas ambientales provocados o inducidos, bien por la acción del hombre o por causas naturales, requieran de un plan de manejo que establezca un tratamiento de recuperación o uno que elimine los fenómenos de degradación;

Las Áreas de Protección de Obras Públicas, Las Áreas Críticas con Prioridad de Tratamiento y se encuentren bajo la administración de instituciones que gestionen el ambiente. Estas áreas pueden destinarse a trabajos de restauración ambiental.

Finalmente, la ley contempla, sanciones a quien infrinja la ordenación, establecida con la sanción de reparar efectivamente el daño.

VI. Ley Penal del Ambiente. GORBV Nº 39.913 del 02/05/2012.

Esta ley tipifica como delito, los hechos que atenten contra el ambiente y recursos naturales, imponen sanciones, y determina la medida precautelativas, de restitución y reparación a que haya lugar. Contempla el principio de extraterritorialidad, el cual señala que esta ley es aplicable a personas naturales o jurídicas por delitos cometidos en la república o en el extranjero.

La medida de restauración se contempla dentro de las sanciones accesorias,

donde señalan la ejecución de servicios ambientales a las comunidades afectadas, bajo la coordinación de la Autoridad Nacional Ambiental, y que conduzcan a la recuperación de áreas degradadas o mantenimiento de espacios públicos. También se considera la restauración como medida Precautelativa, la implementación de trabajos a fin de eliminar o impedir el resurgimiento de daños ambientales y cualquier otra medida tendiente a evitar la continuación de actos perjudiciales al ambiente.

Una vez realizada la sentencia condenatoria por daños o perjuicios al ambiente, el juez se pronunciara sobre la responsabilidad civil, y los responsables estarán en la obligación de ejecutar medidas restitutivas, para reparar daños, entre las que se encuentran: La restauración de los lugares alterados al estado más cercano posible al que se encontraban antes de la agresión al ambiente; La reordenación del territorio a fin de tornarlo utilizable ambientalmente con otro uso distinto al original, en aquellos casos en que el daño sea irreparable, al punto de resultar resulte imposible; efectiva reparación del daño causado; y cualquier otra medida tendiente al restablecimiento del orden público ambiental.

Finaliza la ley, considerando de orden público, la obligación de restituir, reparar o indemnizar, señala además el otorgamiento de beneficios procesales, condicionando a la realización de medidas de restauración.

VI. Ley Constituyente del Plan de la Patria. GORBV N° 6.442 del 03/04/2019.

Es una Ley Constituyente, denominada Plan de la Patria, Proyecto Nacional Simón Bolívar, Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación para el periodo 2019-2025, establece los parámetros para la planificación popular y sistémica hacia el desarrollo económico y social de la Nación, posee un ámbito de aplicación, planes especiales, Sectoriales, institucionales en distintas ramas del Poder Público en el amito nacional, estatal municipal y comunal. El sistema de planificación se fundamenta en la democracia participativa, protagónica, su dimensión ética y cultural. Las bases sociales del bolivarianismo asumiendo el indigenismo, el feminismo, la afrodescendencia, el Ecosocialismo, como componentes estructurales y transversales de todos los procesos. En la

dimensión económica deber generar nuevas bases materiales, financieras y sostenibles. Se fija en esta ley los objetivos de la planificación, denominados objetivos históricos, donde la restauración y la participación comunitaria contribuyen con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana. Se desarrolla también en esta ley el concepto de Ecosocialismo, el cual deberá considerarse en los planes sectoriales y especiales, para generar respuesta ante el cambio climático, acorde con los acuerdos y protocolos internacionales, de manera especial con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas o sus equivalentes, luego del año 2030.

VII. Ley de Gestión de la Diversidad Biológica. GORBV N° 39.070 del 01/12/2008.

La ley establece las disposiciones para la gestión de la diversidad biológica en todos sus componentes comprendiendo: genomas naturales o manipulados, material genético y sus derivados, especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas presentes en todos los espacios del territorio, para alcanzar el mayor bienestar colectivo, en el marco del desarrollo sustentable y designa la Autoridad Nacional Ambiental con competencia en materia de gestión de Diversidad Biológica; contempla las bases para una Estrategia Nacional de Gestión de la Diversidad Biológica y lineamientos para la investigación y educación ambiental, estipula como ley, los conceptos inherentes a la Diversidad Biológica, entre los cuales señalamos, los relativos a la restauración y participación comunitaria, como: bioética, biotecnología y bioseguridad, componente amenazado, componentes en peligro de extinción, componente vulnerable, diversidad biológica; Establece los elementos para el aprovechamiento, manejo y biocomercio.

En relación al ámbito de aplicación en materia de restauración y participación protagónica comunitaria, la ley establece, la participación de toda persona jurídica o natural, bajo el principio de corresponsabilidad como un derecho y un deber, la promoción de la participación y consulta a las comunidades; La preservación o restablecimiento con el fin de permitir, vivir y desarrollarse, en armonía con su ambiente; Fomento y desarrollo de tecnologías destinadas a conservar y restaurar; Prevención, seguimiento, evaluación, corrección y

reparación de alteraciones a la Diversidad Biológica; La incorporación de conocimientos tradicionales de comunidades locales e indígenas favorables a la Diversidad Biológica; La educación ambiental; La coordinación de los entes públicos que coadyuvan a la gestión de la Diversidad Biológica.

Contempla los principios de precautoriedad, para la formulación de políticas y actividades relativas a la diversidad biológica, además, considera la nulidad de actos administrativos que permitan la afectación en comunidades indígenas.

Los incentivos orientados a planes, proyectos, conservación, uso sustentable y especialmente recuperación, serán destinados a personas naturales o jurídicas, los pueblos y comunidades indígenas, comunidades organizadas y la Autoridad Nacional Ambiental dará prioridad a la organización social.

En relación a la formulación de las políticas de conservación, debe incorporarse todos los órganos del estado, deberán consultarse y tomarse en consideración los conocimientos tradicionales de las comunidades locales, de los pueblos y comunidades indígenas.

De la conservación ex situ e in situ, es una prioridad para el estado, con el especial énfasis en la recuperación, rehabilitación y restauración. En la responsabilidad civil, el Juez se pronunciará sobre las medidas restitutivas correspondientes, reparar los daños causados por el delito e indemnizar los perjuicios. En tal sentido el Juez podrá ordenar, además de las previstas en Ley Orgánica del Ambiente, la restauración de los ecosistemas alterados, a las condiciones más cercanas al que tenían antes de la perturbación.

VIII. Ley de Bosques. GORBV N° 40.222 del 06/08/2013.

El objeto de esta ley, es la conservación de los bosques, sus componentes y otras formas de vegetación no arbórea, en función de los intereses actuales y futuros de la Nación, bajo los lineamientos del desarrollo sustentable y endógeno. Los principios de esta ley son: La Sustentabilidad, Integralidad y uso múltiple, Participación ciudadana, Corresponsabilidad, Transversalidad, Precaución, Desarrollo endógeno, Pluriculturalidad y Multiétnicidad.

La conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los bosques, el patrimonio forestal y las cadenas productivas, son considerados de utilidad pública. El estado define la Autoridad Nacional en materia de desarrollo y gestión

forestal sostenible, con competencias vinculadas, a la restauración ecológica y participación comunitaria, como: Planificar y ejecutar programas, proyectos y obras cuyo objeto sea el establecimiento y fomento del bosque. Implementar acciones de recuperación de especies y ecosistemas forestales. Para ello cada estado y municipio destinara el uno por ciento, (1%), de su presupuesto anual, para el mejoramiento de los ecosistemas forestales y del paisajismo asociado a su infraestructura vial.

En función de la concepción de la cultura del bosque y participación ciudadana, esta debe contribuir a la conservación del patrimonio forestal, las costumbres hábitos y conductas de las comunidades que habitan en zonas boscosas y se regirá por los principios de: Autonomía de los habitantes del bosque, igualdad de derechos, equilibrio, ética, diversidad de culturas.

Se desarrolla la participación comunitaria mediante la formulación y de actividades relacionadas con el aprovechamiento de los bosques que afecten a las comunidades, siendo sometidas a consulta popular en su ámbito geográfico, al igual que los actos administrativos. El desarrollo de actividades de conservación, aprovechamiento y manejo, se pueden promover a través de las organizaciones comunitarias y los pueblos y comunidades indígenas; esta participación se ejercerá a través de las siguientes acciones: Ejecución de proyectos de restauración o recuperación del patrimonio forestal. Del diseño y ejecución de proyectos comunitarios, del desarrollo de iniciativas comunitarias para el manejo sustentable, del control social en la gestión forestal, de la presentación y desarrollo de propuestas que atiendan la problemática local que afecte al patrimonio forestal. Todas las organizaciones deben encontrarse registradas en el sistema que adelante la Autoridad Nacional, para tal fin.

Los consejos comunales deben incluir en sus planes comunitarios el desarrollo integral, la conservación y manejo sustentable del patrimonio forestal. Se reconoce e incorpora los saberes tradicionales de los pueblos y comunidades indígenas, al manejo del patrimonio forestal.

Se define el patrimonio forestal y sus usos, el manejo forestal sustentable, el plan de manejo forestal, entre otras.

El fomento y mejoramiento de las áreas boscosas, desde la perspectiva de restauración y participación comunitaria, comprende: La forestación en terrenos desprovistos de vegetación, con fines protectores y productores; La repoblación

forestal en áreas intervenidas, con fines de compensación, especialmente en áreas de altas pendientes; La aplicación de técnicas silviculturales, para el mejoramiento de bosques naturales y plantados; La delimitación de terrenos aptos para el establecimiento de plantaciones forestales; y la promoción y conservación del bosque como sumideros de carbono.

Considera para la restauración, las actividades de forestación, reforestación, repoblación, manejo silvícola, tratamiento y producción de material genético forestal, la obligatoriedad de incorporar especies forestales autóctonas, preferiblemente vedadas o de alto grado de extracción. Los árboles semilleros poseen especial protección, como componente de los procesos de restauración.

Signa la ley, la responsabilidad de Ministerio del Poder Popular con competencia en materia ambiental, la coordinación con los demás órganos del estado para la protección efectiva del objeto de la ley, especialmente la prevención, mitigación y reparación de daños sobre el patrimonio forestal.

En cuanto a la repoblación forestal, debe ordenar labores de repoblación forestal en terrenos de propiedad privada, ubicados en zonas críticas, desprovistas de vegetación, siendo los propietarios, los encargados de la ejecución a sus propias expensas de acuerdo a normas técnicas, en el plazo fijado por la resolución.

El régimen fiscal y financiero en materia forestal establece un pago anual referido al aprovechamiento y manejo de los bosques naturales para la sustentabilidad del patrimonio forestal, será realizado en función de la unidad de superficie. El Ejecutivo Nacional fomentará la conservación forestal y el desarrollo forestal sustentable mediante otorgamiento de incentivos económicos y fiscales a personas naturales o jurídicas y comunidades organizadas que ejecuten actividades o proyectos de conservación, usos sustentables, protección, recuperación, fomento, mejoramiento del bosque y demás componentes del patrimonio forestal, incluido el establecimiento de plantaciones, sistemas agroforestales y producción de material genético. Además, el estado acordará mediante decreto, el pago por beneficios ambientales a comunidades organizadas que se involucren en proyectos de conservación.

Se establecen las redes socio productivas y serán promocionadas por el estado, basadas en la integración de iniciativas y proyectos de comunidades

organizadas con especial énfasis en el manejo forestal, estas redes cuentan con una especial experiencia mediante la incorporación a nivel nacional de ONG, privados, entes públicos, instituciones universitarias y centros de investigación, en torno a la producción de semillas forestales, denominada Red Nacional de Proveedores de Semillas Forestales.

Bajo el procedimiento de control previo se encuentran los Planes de Ordenación y Manejo Forestal (POMF), en los que contienen algunas actividades de restauración como los viveros forestales, las actividades de plantación y su diseño, selección de árboles porta grano, entre otras, estos mismos planes podrán ser auditados.

Entre las medidas administrativas cautelares, se contempla la recuperación y la protección integral del patrimonio. Dentro de las Sanciones se consideran, en esta ley, la reparación, recuperación, rehabilitación, restauración o reordenamiento, con individuos de la misma especie u otros árboles adecuados, en los sitios donde hubiera ocasionado el daño, a costa del infractor.

Entre otros instrumentos legales que complementan la materia ambiental y la participación comunitaria, se pueden mencionar, según el Cuadro 1.

Cuadro 1. Otras leyes que contemplan deberes de restauración ecológica en su materia de competencia.

DENOMINACIÓN	GORBV N°	FECHA DE PUBLICACIÓN
Ley Orgánica del Poder Popular	6.011	21/12/2010
Ley Orgánica de Bienes Públicos	6.155	19/11/2014
Ley Orgánica del Turismo	41.415	08/06/2018
Ley Orgánica de Educación	5.929	15/08/2009
Ley Orgánica de Ordenación Urbanística	33.868	16/12/1987
Ley Orgánica de Seguridad de la Nación	37.594	18/12/2002

CONCLUSIONES

Existe un amplio desarrollo del derecho ambiental en Venezuela, que garantiza la restauración ecológica y permite la recuperación de los servicios ambientales como medida mitigante para el cambio climático.

Estas leyes establecen causas de la desaparición de la cobertura forestal y además de resguardar los derechos ambientales, establecen métodos para la

restauración obligatoria.

Se desarrolla plenamente los acuerdos y tratados internacionales suscritos por la nación como voluntad de establecer el resguardo y permanencia de los ecosistemas.

Aún persiste una escasa recuperación de los ecosistemas, que impide cumplir los objetivos contemplados en la legislación, vinculado a la debilidad en el seguimiento de las medidas de restauración de ecosistemas y de mitigación de impactos ambientales, así como una subestimación general de los beneficios ecosistémicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brewer-Carías, A. 2006. La aplicación de los tratados internacionales sobre derechos humanos en el orden interno de los países de América Latina. Ponencia para el Congreso Venezolano de Derecho Constitucional. Organizado por la Corte Suprema de Justicia de la Nación de México y la Corte Interamericana de Derechos Humanos, Mérida, México, marzo, 2006.
- Clewell, A., J. Aronson & K. Winterhalder. 2004. Principios de SER internacional para la Restauración Ecológica. Tucson, Arizona. USA.
- Díaz, F. 2013. Tratados y convenios firmados por Venezuela en materia Ambiental. En Línea. Revista Ecosocialista. Disponible: <https://gestion-ambiental-biblioteca.blogspot.com/2013/11/convenios-y-protocolos-ambientales.html>
- FAO Y PNUMA. 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>.
- Garay, J. 2011. La Constitución Bolivariana Comentada. Corporación AGR S. C. Caracas Venezuela.
- Hosonuma, N., M. Herold, V. De SY, R. De Fries, M. Brockhaus, L. Verchot, A. Angelsen & E. Romijn. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters, Volume 7, Number 4.
- SER. 2008. Ecological Restoration as a Tool for Reversing Ecosystem Fragmentation, https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ER_as_a_tool_for_reversing_e.pdf
- SERI. SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. 2004. The SER international primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International. Tucson.
- Society For Ecological Restoration (SER) International, grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. En Línea. Disponible: www.ser.org-y-Tucson-Society-for-Ecological-Restoration-International.

- Venezuela. 1999. GORBV Extraordinaria N° 36.860 del 30/12/1999. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2002. Ley Orgánica de Seguridad de la Nación. GORBV N° 37.594 del 18/12/2002. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2006. Ley Orgánica del Ambiente. GORBV N° 5.833 del 22/12/2006. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2008. Ley de Gestión de la diversidad Biológica. GORBV N° 39.070 del 01/12/2008. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2009. Ley Orgánica de Educación. GORBV N° 5.929 del 15/08/2009. República Bolivariana de Venezuela. Venezuela (2010). Ley Orgánica del Poder Popular. GORBV N° 6.011 del 21/12/2010. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2012. Ley Penal del Ambiente. GORBV N° 39.913 del 02/05/2012. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2013. GORBV. 2013. Ley de Bosques. GORBV N° 40.222 del 06/08/2013. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2013. Listado de legislación Ambiental Venezolana. Plan y Gestión. En Línea. Disponible: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/534/550/552/563/3078.pdf>. República Bolivariana de Venezuela. Venezuela (2014). Ley Orgánica de Bienes Públicos, su reforma parcial y Reglamento. GORBV No. 6.155 del 19/11/2014. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2018. Ley Orgánica del Turismo. GORBV N° 41.415 del 08/06/2018. República Bolivariana de Venezuela.
- Venezuela. 2019. GORBV. 2019. Ley Constituyente del Plan de la Patria. GORBV N° 6.442 del 03/04/2019. República Bolivariana de Venezuela. Venezuela (1993). Decreto N° 3.022: Áreas de Reserva de Medios Silvestre (ARMS) en Predios Rurales. GORV N° 35.305 del 27/09/1993
- Venezuela. 1983. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio. GORV Extraordinaria N° 3.238. del 11/08/1983. República de Venezuela.
- Venezuela. 1987. GORV. 1987. Ley Orgánica de Ordenación Urbanística. GORV N° 33.868 del 16/12/1987. República de Venezuela.

OPTIMIZACIÓN DE UN MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO PARA DETERMINAR PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SUELOS DE UN ESTRATO ALTITUDINAL DEL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA DEL ESTADO MÉRIDA.

OPTIMIZATION OF AN ULTRASOUND EXTRACTION
METHOD TO DETERMINE ORGANOCHLORINE
PESTICIDES IN SOILS OF AN ALTITUDINAL STRATUM OF
THE RIVAS DÁVILA MUNICIPALITY OF THE STATE OF
MÉRIDA.

¹Méndez Fernando, ¹Uzcátegui Jorge, ¹Sulbarán Alí.

¹Laboratorio de Investigación en Físico-química Orgánica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes 5101. Mérida, Venezuela. Telf.: 0274-2401377.

E-mail: jorevzca@gmail.com, mendezpfj@gmail.com

Fecha de inicio: 01/2019

Fecha de finalización: 10/2020

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/2024.24.e.04>

RESUMEN

En el presente trabajo se determinan los parámetros de optimización para un método de extracción asistido por ultrasonido para la determinación cuantitativa de plaguicidas organoclorados por cromatografía de gases con ECD en suelos agrícolas del Municipio Rivas Dávila del Estado Mérida en el estrato altitudinal comprendido entre 1.000 y 2.000 msnm. Los parámetros optimizados son: 2 g de suelo, una mezcla de solvente acetonitrilo:hexano:diclorometano 3:1:1 v/v, cantidad de solvente 45 mL, 30 min de sonicación, 3 extracciones sucesivas utilizando proporciones en cada extracción de 20,15 y 10 mL y un tiempo de centrifugado de 5 min. Los porcentajes de extracción de las muestras de suelo están por arriba de 71,44 % para heptacloro y 131,55 para metoxicloro, para tres niveles diferentes de fortificación 5, 40 y 80 µg/Kg.

Palabras clave: Análisis químico, cromatografía de gases, plaguicidas organoclorados, proceso de extracción, sonicación, ultrasonido.

ABSTRACT

In the present work we determine the parameters of optimization for a method of extraction with solvent assisted by ultrasound for the quantitative determination of organochlorine pesticides by gas chromatography with ECD in agricultural soils of the Rivas Dávila Municipality of the State of Mérida in the altitudinal stratum between 1,000 and 2,000 meters above sea level. The optimized parameters

are: 2 g of soil, a mixture of acetonitrile:hexane:dichloromethane solvent 3:1:1 v/v, amount of solvent 45 mL, 30 min of sonication, 3 successive extractions using proportions in each extraction of 20, 15 and 10 mL and a centrifugation time of 5 min. The extraction percentages of the soil samples are above 71.44% for heptachlor and 131.55 for methoxychlor, for three different levels of fortification 5, 40 and 80 µg/Kg.

Key words: Chemical analysis, gas chromatography, organochlorine pesticides, extraction process, sonication, ultrasound.

INTRODUCCIÓN

El uso extensivo de plaguicidas para mejorar la productividad agrícola ha jugado un importante rol en el último siglo. Estos compuestos han sido aplicados por décadas para prevenir, repeler o mitigar el efecto de las plagas sobre los cultivos. Aun cuando el uso de los POC's han sido prohibidos a nivel global debido a sus efectos carcinogénicos y mutagénicos (Aktar M., et al 2017), ellos y sus metabolitos, aún están presentes en el ambiente, especialmente en suelos y sedimentos, debido a su persistencia y propiedades lipofílicas. Por lo tanto, el análisis de residuos de POC's en muestras de suelos agrícolas continúa siendo un importante tema de estudio, junto con otros contaminantes ambientales con el objetivo de desarrollar nuevos métodos analíticos que permitan la determinación simultánea de plaguicidas ambientalmente significativos.

Hasta el presente momento más del 60% de los plaguicidas registrados y sus metabolitos pueden ser analizados por cromatografía de gases con detección por captura electrónica, especialmente para la cuantificación de POC's. Los análisis cromatográficos, usualmente son el último paso después de una tediosa preparación de la muestra, para extraer los contaminantes a partir de matrices ambientales por ejemplo: suelos, sedimentos, material vegetal, etc. Para la separación de los compuestos de interés, han sido propuestos varios procedimientos de extracción y limpieza. Estos procedimientos incluyen: extracción Soxhlet, extracción en fase sólida (SPE), extracción líquido-líquido micro dispersiva (DLLME), extracción sólido-líquido (SLE), extracción asistida por ultrasonido (UAE), extracción asistida por microonda (MAE), extracción con líquidos presurizados (PLE), microextracción en fase sólida (SPME), extracción QuEChERS, dispersión de matriz en fase sólida (MSPD).

La preferencia de cada técnica depende principalmente del solvente o

mezclas de ellos, tiempo de análisis, facilidad de operación, etc. Es importante, por lo tanto, proponer métodos para resolver los problemas de tiempo de análisis y consumo de solvente como alternativa a los métodos tradicionales. Aún, cuando existen varios estudios que reportan que la extracción asistida por ultrasonido de analitos orgánicos en suelos y sedimentos es muy efectivo, los estudios para la aplicación de la técnica de ultrasonicación para extraer POC's en suelos es muy rara.

El propósito de este trabajo, es optimizar un procedimiento de extracción asistida por ultrasonido para la determinación de POC's y sus metabolitos, que pudieran estar presentes en muestras de suelos agrícolas del estrato altitudinal ubicado entre 1000-2000 msnm del municipio Rivas Dávila del estado Mérida. La optimización se efectuó con respecto a: cantidad de suelo agrícola, tipo de mezcla de solventes, cantidad total de solvente, duración del proceso de sonicación, temperatura del proceso de sonicación, número de extracciones y tiempo de centrifugación. El método optimizado fue aplicado a muestras reales de suelo agrícola para cuantificar la presencia de una mezcla de 21 POC's. Por otra parte, los estudios sobre plaguicidas organoclorados (POC's) en suelos agrícolas en el estado Mérida son escasos, en uno de ellos, se reporta la presencia de residuos de DDT y sus metabolitos DDE, DDD, además de α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfato, aldrín, dieldrín, endrín, en suelos agrícolas del Municipio Pueblo Llano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos:

Hexano (C₆H₁₂) Fisher Scientific. Grado HPLC, 99% de pureza.
diclorometano (CH₂Cl₂) Fisher Scientific. Grado HPLC, 99% de pureza,
acetronitrilo (C₂H₃N) J.T. Baker. 99,4% de pureza.

Las soluciones patrón de POC's utilizadas son:

Mezcla 1. AccuStandard 1.0mg/mL en metil-terc-butil éter. 1mL. Código: M-508P-A. 99.99% de pureza. Contiene los POCs: α -HCH, β -HCH, δ -HCH, γ -HCH, Heptacloro, Aldrín, Heptacloro Epóxido, α -Endosulfan, p,p'-

DDT p,p'-DDD, p,p'-DDE, Metoxicloro, Dieldrin, Endrín, β -Endosulfan, , Endrín Aldehído, Endosulfan Sulfato.

Mezcla 2. AccuStandard 1.0mg/mL en metil-terc-butil éter. 1mL. Código: ISO6468-PEST Lote: 211011259. 99.99% de pureza. Contiene los POCs: α -HCH, β -HCH, δ -HCH, γ -HCH, Heptacloro, Aldrín, Heptacloro Epóxido (Isomero A), α -Endosulfan, p,p'-DDT, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT, Metoxicloro, Dieldrin, Endrín, β -Endosulfan, Heptacloro Epóxido (Isomero B).

Especificaciones del equipo:

Cromatógrafo de Gases. VARIAN Modelo CP-3800, configurado con Inyector 1079 Split-Splitless, y una Columna Capilar Varian CP-Sil 19 CB, 30 m x 0.25 mm DI, 0.25 μ m DF, WCOT FUSED SILICA y Detector de Captura Electrónica con fuente de Ni. Programa de manejo y cuantificación Star Workstation.

Determinación Cromatográfica:

Inyector en modalidad Split 2. T °C = 220, modelo 1079. Rango 1. Temperatura del ECD: 300 °C. Gas de arrastre: Helio (1.2 mL/min). Gas de complemento: Nitrógeno (29 mL/ min).

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Procedimiento de optimización de la metodología por ultrasonido.

Optimización de la cantidad de suelo.

Para la optimización del método de extracción se debe comenzar trabajando con una muestra de suelo no cultivada proveniente de la zona en estudio. Una cantidad exactamente conocida de dicho suelo se dopa con un volumen exactamente conocido de solución patrón de plaguicidas organoclorados.

La concentración de la solución patrón resulta ser de 50ppb de la mezcla patrón de 21 plaguicidas organoclorados. La metodología de extracción a ser optimizada es la extracción por ultrasonido. Dicha metodología se aplica a distintas porciones de suelo tales como: 0,4 g, 1 g, 2 g, 5 g y 10 g, con la finalidad de encontrar la cantidad óptima de suelo que revele la presencia del mayor número de POC's.

El solvente extractante es una mezcla de hexanoacetato de etilo 1:1, por recomendación encontrada en la literatura relacionada con el método de extracción por ultrasonido. En el Cuadro 1, se detallan las áreas resultantes de cada pico de los POC's, respecto a la cantidad de suelo usado en el proceso de extracción. En la última columna, se muestran las áreas que se obtienen para los POC's contenidos en la mezcla patrón de 21 componentes para una concentración de 50 ppb.

Cuadro 1. Áreas de la optimización de las distintas cantidades de suelo.

Nombre de Plaguicida	Área 0,4 g suelo	Área 1 g suelo	Área 2 g suelo	Área 5 g de suelo	Área 10 g de suelo	Patrón de 50 ppb POC's
α -HCH	ND	ND	13247	29084	42607	1613775
γ -HCH	ND	ND	16126	37497	ND	1370304
Heptacloro	ND	ND	ND	ND	ND	1647365
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND	1177993
β -HCH	ND	ND	ND	6608	7715	330827
δ -HCH	ND	ND	ND	ND	ND	1111904
Heptacloro exo-epóxido	ND	ND	ND	ND	ND	1228706
Endosulfan I	ND	ND	ND	ND	ND	868557
p,p'-DDE	ND	ND	1773423	3082094	3646983	1130211
Dieldrin	ND	ND	8368	19164	38304	1204700
Endrin	ND	ND	26432	58817	97461	972470
p,p'-DDD	ND	6567	30287	58571	72880	731688
Endosulfan II	ND	ND	14394	13175	16610	761480
p,p'-DDT	116911	272294	381687	813791	1345714	451593
Endrin Aldehído	ND	8279	79080	131044	190981	207451
Methoxiclolo	ND	ND	26352	35643	42991	192756
Endosulfan Sulfato	ND	7179	7467	13246	14498	435205
o,p'-DDE	ND	5033	ND	ND	ND	ND
o,p'-DDD	ND	23313	8199	48898	94841	ND
DCPA	ND	ND	24487	30089	30738	ND
o,p'-DDT	ND	ND	83621	160920	252515	ND
POC's, cuantificados	1	4	11	12	11	17

ND: No detectable por el método utilizado/ **NC:** No cuantificable por el método utilizado

Las áreas resultantes para cada plaguicida proveniente de cada cantidad de suelo se comparan con las obtenidas para la solución patrón de 21 plaguicidas organoclorados. Se evidencia que, para 2 g y cantidades superiores, se detecta la presencia de la mayoría de los plaguicidas organoclorados que componen la solución patrón. Los mejores resultados se encuentran con 10 g de suelo. Sin embargo, el uso de grandes cantidades de suelo, implicaría la utilización de volúmenes mayores de solventes costosos y la metodología experimental resultará poco viable en términos económicos.

Optimización de la proporción de solvente o mezcla de solventes extractantes.

Los porcentajes de extracción (triplicado) para las mezcla de solventes solubles extractantes, se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentajes de extracción para la optimización de las distintas mezclas de solventes.

POC's	%	%	%	%	%	%	%
	HEX:CDM 1:01	HEX:CDM 1:02	HEX:CDM 2:01	DCM:ACN 1:01:00	DCM:ACN 1:02	DCM:ACN 2:01	HEX:DCM:A CN 1:01:01
α -HCH	26,06	22,13	35,77	35,19	25,77	36,95	37,14
γ -HCH	32,04	35,32	51,44	47,52	37,15	44,5	46,42
Heptacloro	32,62	29,87	37,22	40,62	32,07	43,36	42,39
Aldrin	38,4	36,89	43,42	46,82	38,18	49,54	49,82
β -HCH	38,66	50,41	71,78	72,2	43,13	36,25	44,5
δ -HCH	39,24	0	0	91,16	46,83	62,47	50,09
Heptacloro exo-epoxido	45,04	59,77	78,72	63,75	62,28	74,62	77,51
Endosulfan I	41,53	58,86	71,81	75,78	60,75	71,93	78,29
p,p'-DDE	48,26	83,3	73,66	86,4	76,24	92,12	94,68
Dieldrin	51,35	69,94	87,82	77,28	75,55	87,17	96,08
Endrin	47,56	67,45	80,4	91,35	73,38	84	95,05
p,p'-DDD	44,19	73,43	72,39	95,27	80,77	98,85	123,98
Endosulfan II	49,94	84,77	78,08	103,87	85,3	101,12	100,98
p,p'-DDT	62,76	78,99	69,72	108,97	79,61	111,07	135,65
Endrin Aldehido	8,23	12,67	15,91	12,37	8,57	9,59	16,53
Metoxicloro	31,87	75,16	62,13	102,44	90,88	106,91	135,96
Endosulfan Sulfato	51,85	86,04	78,64	106,02	89,52	105,74	112,33

De los resultados expresados en el Cuadro 2, se puede escoger como mejor mezcla extractante, acetonitrilo:hexano:diclorometano, 1:1:1 v/v, ya que esta presenta mayores porcentajes de extracción respecto al número de plaguicidas extraídos, 10 de 17, es decir 58,82%.

La continuación de las pruebas se realiza utilizando mezclas ternarias. Las mezclas ternarias de solventes se efectúan tomando en consideración proporciones de volumen entre los solventes en el intervalo 1-3. La aplicación del procedimiento de extracción por ultrasonido con estas mezclas solubles, se lleva a cabo con el fin de aumentar el área de recuperación de los plaguicidas organoclorados, alfa-HCH, gamma-HCH, heptacloro, aldrín, beta-HCH y delta-HCH, de la mezcla de POC's. Los porcentajes de extracción calculados se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Porcentajes de extracción para mezclas ternarias de acetronitrilo:hexano:diclorometano.

POC's	% de extracción 1:1:2	% de extracción 2:1:1	% de extracción 1:2:2	% de extracción 2:01:02	% de extracción 1:03:01	% de extracción 1:01:03	% de extracción 2:1:3	% de extracción 1:3:3	% de extracción 3:01:03	% de extracción 3:1:1
α -HCH	37,84	53,58	52,22	46,43	59,55	36,66	33,04	61,61	36,57	63,34
γ -HCH	47,26	49,71	58,65	49,93	55,28	45,59	36,77	58,13	47,98	79,24
Heptacloro	42,33	42,87	44,31	46,66	46,93	47,25	43,12	45,84	44,85	48,79
Aldrín	49,65	49,64	50,32	51,61	52,24	53,52	54,2	55,4	55,47	56,4
β -HCH	46,04	47,77	50,67	55,07	61,7	64,32	65,56	61,7	58,86	74,2
δ -HCH	50,52	52,35	53,79	63,82	53,02	54,11	55,37	54,01	55,18	93,62
Heptacloro exo-epoxido	70,39	73,7	6,22	702,53	62,22	71,13	61,76	53,53	61,83	92,13
Endosulfan I	45,96	56,53	48,07	57,09	56,07	56,09	60,11	59,29	59,84	63,4
p,p'-DDE	86,06	77,82	85,81	77	85,87	76,83	77,07	77,89	80,68	96,36
Dieldrin	79,91	91,89	92,55	94,64	83,27	91,91	82,49	80,77	79,92	94,31
Endrin	51,67	51,27	50,34	50,33	51,26	81,17	48,21	48,17	51,43	51,46
p,p'-DDD	81,14	79,61	72,07	82,56	82,65	80,81	81,14	79,63	82,33	95,83
Endosulfan II	92,76	92,58	92,97	93,12	91,56	92,76	91,56	92,97	95,69	96,88
p,p'-DDT	81,59	82,27	80	93,65	81,45	86,86	71,58	81,5	82,27	83,29
Endrin Aldehyde	11,02	11,5	12	12,01	12	12,98	10,53	12	11,51	11,77
Methoxiclo	93,19	97,33	93,34	94,33	94,07	932,86	933,42	95,94	95,91	93,61
Endosulfan Sulfato	94,47	92,08	92,09	91,91	89,06	914,44	93,36	92,14	89,8	94,78

Del análisis detallado del Cuadro 3, se puede deducir que la mezcla extractante que conduce a los mejores porcentajes de extracción de POC's es acetronitrilo;hexano:diclorometano, 3:1:1 v/v.

Optimización de cantidad de solvente.

Se procedió a realizar las distintas extracciones usando 30, 40, 45, y 50 mL de solvente extractante.

En el Cuadro 4, se presentan los porcentajes de extracción para cada uno de los POC's en función del volumen de mezcla extractante.

Cuadro 4. Porcentajes de extracción de la optimización de las distintas cantidades de solventes.

Nombre de Plaguicida	% para 30mL	% para 40mL	% para 45mL	% para 50mL
α -HCH	71,28	78,07	81,81	73,94
γ -HCH	82,94	83,45	95,71	94,91
Heptacloro	48,66	51,29	58,79	54,02
Aldrín	52,65	54,70	66,83	56,74
β -HCH	77,92	70,08	84,00	91,24
δ -HCH	93,33	91,57	142,16	119,16
Heptacloro exo-epóxido	87,23	81,77	89,34	83,90
Endosulfan I	60,39	60,91	67,30	61,21
p,p'-DDE	97,17	96,14	100,82	98,30
Dieldrín	94,34	88,58	98,60	95,86
Endrin	59,10	35,74	59,11	57,73
p,p'-DDD	101,96	81,66	113,01	151,00
Endosulfan II	95,66	70,22	99,22	96,13
p,p'-DDT	106,30	84,71	108,52	105,17
Endrin Aldehído	12,49	9,02	17,97	11,12
Methoxiclolo	132,84	123,88	137,92	186,77
Endosulfan Sulfato	94,23	76,60	95,36	104,98

Los resultados expresados en el Cuadro 4, indican que el volumen de solvente extractante que arroja los mejores porcentajes de extracción es de 45 mL, puesto que presenta los mejores datos para 13 de los 17 plaguicidas organoclorados estudiados, aproximadamente 76,5%. Sin embargo, es importante destacar que aún se observa baja recuperación para los plaguicidas heptacloro, aldrín y endrín aldehído. A pesar de este inconveniente, se toma como cantidad de solvente extractante optimizada, 45 mL de mezcla acetnitrilo:hexano:diclorometano 3:1:1 v/v.

Optimización del tiempo de sonicación.

En la optimización del tiempo de sonicación se tomó como referencia la metodología de extracción por ultrasonido y el método EPA 3550C. En estas metodologías, se recomienda como tiempo de sonicación 40 min. No obstante, a pesar de ello, se procede a realizar las distintas extracciones usando tiempos de

20, 30, 40 y 45 min.

En resumen, las extracciones hasta este punto se realizan con 2 g de suelo suspendido en 45 ml de una mezcla de acetonitrilo:hexano:diclorometano 3:1:1 v/v. Al respecto, se procede a realizar las extracciones por triplicado de la muestra de suelo dopada para determinar las áreas respectivas de cada plaguicida organoclorado en estudio en función del tiempo de sonicación.

El Cuadro 5, muestra los resultados para los experimentos de extracción a tiempos de sonicación diferentes, conjuntamente con las áreas de la muestra patrón.

Cuadro 5. Porcentajes de extracción para la optimización del tiempo de sonicación.

POC's	% 20 min	% 30 min	% 40 min	% 45 min
α -HCH	68,99	81,81	77,58	80,61
γ -HCH	78,96	95,71	94,21	95,22
Heptacloro	51,68	58,79	57,62	58,80
Aldrin	58,81	66,83	66,50	67,00
β -HCH	83,63	84,00	83,15	84,86
δ -HCH	114,09	142,16	137,54	140,28
Heptacloro exo-epoxido	76,71	89,34	85,58	87,63
Endosulfan I	57,61	67,30	67,09	658,69
p,p'-DDE	91,11	100,82	100,00	100,76
Dieldrin	82,20	98,60	98,05	98,39
Endrin	53,48	59,11	59,06	58,89
p,p'-DDD	100,34	113,01	112,96	112,89
Endosulfan II	90,41	99,22	99,11	99,18
p,p'-DDT	101,39	108,52	108,30	108,55
Endrin Aldehído	17,44	17,97	18,06	17,78
Methoxicloro	130,37	137,92	128,75	127,38
Endosulfan Sulfato	92,05	95,36	97,71	95,35

Los resultados expresados en el Cuadro 5, indican que para el tiempo de 30 min se obtienen los mejores porcentajes de extracción para 16 de los 17 plaguicidas organoclorados en estudio, es decir 94,12%. Por lo tanto, el tiempo de extracción optimizado se determina como 30 min para cada extracción por ultrasonido.

Optimización de la temperatura.

En las extracciones realizadas con 20, 30, 40°C como temperaturas del baño

de sonicación, se usó 45mL de la mezcla 3:1:1 acetonitrilo:hexano:diclorometano como solvente, con un tiempo de 30 min de sonicación. Los resultados se encuentran representados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Porcentajes de extracción de las distintas temperaturas del baño de sonicación.

Nombre de Plaguicida	% 20 °C	% 30 °C	% 40 °C
α -HCH	68,65	81,08	81,36
γ - HCH	78,27	94,98	94,21
Heptacloro	44,84	59,04	58,38
Aldrín	58,99	66,50	66,50
β -HCH	83,63	84,00	83,15
δ -HCH	114,09	142,16	137,54
Heptacloro exo-epoxido	77,56	89,31	87,61
Endosulfan I	63,51	67,91	65,85
p,p'-DDE	91,22	100,90	100,00
Dieldrin	83,60	98,05	96,58
Endrin	57,29	59,03	59,05
p,p'-DDD	109,92	112,83	112,49
Endosulfan II	9,65	98,99	98,65
p,p'-DDT	106,03	108,29	108,18
Endrin Aldehído	16,06	17,91	18,14
Methoxicloro	129,02	137,29	133,71
Endosulfan Sulfato	92,05	95,11	92,58

En el cuadro 6, se observa que utilizando como temperatura del baño 20 °C, los porcentajes de extracción de los distintos plaguicidas organoclorados disminuye, mientras que para 30 y 40 °C, los porcentajes de extracción son similares. Una observación más cuidadosa permite deducir que los mejores porcentajes de extracción se obtienen usando como temperatura del baño de sonicación 30 °C, por tanto, ésta se toma como temperatura optimizada.

Optimización del número de extracciones.

Para la optimización del número de extracciones se toma como referència el trabajo de Cortés (2012), el cual consiste en la aplicación de nuevas metodologías y técnicas de microextracción líquido-líquido para la determinación

de contaminantes orgánicos. En éste se somete la muestra a distintos números de extracciones basándose en el coeficiente de reparto. Para efectos de la optimización del número de extracciones de la metodología experimental del presente trabajo de investigación, se realiza en primera instancia tres extracciones de la muestra de suelo dopada, con tres porciones de 15 mL de la mezcla acetonitrilo:hexano:diclorometano 3:1:1 v/v. Las extracciones se llevaron a cabo con 2 g de suelo suspendidos en tres ocasiones sucesivamente en 15 mL de solvente, bajo 30 min de sonicación a una temperatura de 30 °C. El Cuadro 7, contiene los porcentajes de extracción con 15 mL de solvente extractante para cada uno de los tres procesos. La siguiente columna contiene la sumatoria de cada porcentaje de extracción y la última despliega los porcentajes obtenidos con una sola extracción con 45 mL de solvente extractante sin cambio de recipiente.

Cuadro 7. Porcentajes de extracción para extracciones sucesivas en la misma muestra.

Nombre del Plaguicida	% 1era 15 mL	% 2da 15 mL	% 3era 15 mL	Σ %	% con 45 mL
α-HCH	55,56	9,85	2,41	67,82	81,81
γ-HCH	62,32	11,39	2,43	76,13	95,71
Heptacloro	41,44	7,47	1,48	50,4	58,79
Aldrín	54,78	6,33	1,17	62,27	66,83
β-HCH	55,94	12,32	3,44	71,7	84
δ-HCH	67,77	10,85	4,77	82,60	142,16
Heptacloro exo-epoxido	67,06	11,7	2,19	80,96	89,34
Endosulfan I	53,51	9,28	1,9	64,69	67,3
p,p'-DDE	78,13	13,49	2,96	94,57	100,82
Dieldrin	76,4	13,01	2,97	92,38	98,6
Endrin	46,66	8,77	2,23	57,66	59,11
p,p'-DDD	87,25	17,86	4,62	109,73	113,01
Endosulfan II	76,5	13,6	2,77	92,87	99,22
p,p'-DDT	79,41	14,42	2,82	96,65	108,52
Endrin Aldehído	13,02	0	0	13,02	17,97
Metoxicloro	88,35	20,66	14,92	123,93	137,92
Endosulfan Sulfato	73,17	15,43	3,63	92,24	95,36

De los resultados mostrados en el Cuadro 7, se infiere que los mejores porcentajes de extracción se obtienen para la extracción con 45 mL de solvente extractante en porciones de 15 mL en un solo recipiente. Adicionalmente, se demuestra que solamente son necesarias tres extracciones sucesivas, ya que en la tercera extracción el porcentaje de extracción de plaguicidas organoclorados es muy pequeño (entre 0% y 5%), este comportamiento se observa para el 94,12% de los POC's. La excepción está representada por metoxicloro (aproximadamente 15% de extracción en la tercera extracción). Una vez que estas extracciones individuales se extraen en un sólo recipiente, nos encontramos con buenos porcentajes de extracción para la mayoría de los plaguicidas organoclorados en estudio, a excepción de: heptacloro (59%) endosulfan I (67%), endrín (59%) y endrín aldehído (18%). Con el objetivo de mejorar los porcentajes de extracción de los plaguicidas organoclorados mencionados, se procede a variar en cada una de las tres extracciones las distintas cantidades de solventes, para un volumen total de 45 mL.

Las cantidades de cada solvente se escogen de tal manera que la suma total sea de 45 mL, empezando con 5 mL del primer solvente, repartiendo la diferencia entre los otros dos solventes. Para la mezcla número 2, se fijan 5 mL para el segundo solvente y la diferencia se reparte entre el primer y tercer solvente. Para la mezcla 3, se fija 5 mL para el tercer solvente y la diferencia se reparte entre el primer y segundo solvente. El volumen máximo de cada solvente no puede ser mayor a 20 mL se limitó a 20 mL. La construcción de las mezclas adicionales, sigue el mismo esquema que el explicado anteriormente, la diferencia estriba que en este caso el volumen de inicio para el primer solvente es de 10 mL.

Siguiendo el mismo patrón se prepararon mezclas tomando en consideración que el volumen de inicio para el primer solvente es 15 mL y finalmente se preparan mezclas tomando en consideración que el volumen de inicio para el primer solvente es 20 mL. Todos los volúmenes de solvente usados son múltiplos de 5. El análisis detallado de los porcentajes de extracción para cada mezcla indica que los mejores resultados se logran con volúmenes de mezclas de solventes de 20 mL para la primera extracción 15 mL para la segunda y 10 mL para la tercera. Los resultados correspondientes a los porcentajes de recuperación de cada tipo de mezcla se encuentran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Porcentajes de extracción de POC's para distintos volúmenes de extracción.

Nombre de Plaguicidas	% extracción 20, 5, 10	% extracción 20,20,5	% extracción 20,10,15	% extracción 20,15,10
α -HCH	82,25	82,25	83,41	87,49
γ -HCH	95,75	95,75	96,51	98,09
Heptacloro	60,78	60,78	66,43	71,39
Aldrin	68,34	68,34	70,62	74,04
β -HCH	85,65	85,65	83,07	87,75
δ -HCH	104,19	104,19	108,76	113,27
Heptacloro exo-epoxido	89,18	89,18	90,69	91,42
Endosulfan I	71,12	71,12	72,27	75,73
p,p'-DDE	99,10	99,10	97,82	99,90
Dieldrin	98,61	98,61	98,01	98,81
Endrin	71,15	71,15	69,62	77,80
p,p'-DDD	92,63	92,63	91,64	96,39
Endosulfan II	98,69	98,69	96,49	99,52
p,p'-DDT	105,66	105,66	107,73	109,46
Endrin Aldehído	18,13	18,13	18,49	18,99
Methoxicloro	140,12	140,12	143,08	139,35
Endosulfan Sulfato	96,68	96,68	95,42	99,82

El análisis detallado de estos resultados indica que los volúmenes de cada extracción con la mezcla acetoniitrilo:hexano:diclorometano 3:1:1 v/v que dan los mejores porcentajes de extracción, son 20 mL de la mezcla extractante para la primera extracción, 15 mL para la segunda extracción y 10 mL para la tercera extracción.

Optimización del tiempo de centrifugación.

El tiempo de centrifugación de la suspensión se varía en intervalos de 5 minutos hasta 15 minutos de centrifugación a una velocidad fija de 3.000 rpm. Los resultados se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Porcentajes de extracción para la optimización del tiempo de centrifugación.

Nombre de Plaguicida	% 5 min	% 10 min	% 15 min
Alfa-HCH	87,65	87,51	87,50
Gamma-HCH	98,12	98,09	98,78
Heptachlor	71,44	71,43	71,44
Aldrin	74,12	74,05	74,35
Beta-HCH	87,77	87,69	87,66
Delta-HCH	114,04	113,26	113,00
Heptacloro exo-epoxido	86,92	91,51	90,18
Endosulfan I	76,58	75,73	76,67
p,p´-DDE	100,02	99,90	100,00
Dieldrin	98,87	98,86	98,59
Endrin	77,81	77,81	77,81
p,p´-DDD	96,49	96,38	96,40
Endosulfan II	99,47	99,52	99,48
p,p´-DDT	109,84	109,45	109,47
Endrin Aldehído	19,08	18,96	19,12
Metoxicloro	131,55	139,61	137,99
Endosulfan Sulfato	99,94	99,81	99,94

En el Cuadro 9, se observa que los mejores resultados respecto a los porcentajes de extracción se obtienen para 5 min y 10 min. Con el objetivo de reducir el tiempo de análisis de la extracción de los POC´s en suelos agrícolas se determina fijar el tiempo de centrifugación en 5 minutos. Una vez obtenidos los parámetros optimizados, se procedió a aplicar el nuevo método de extracción a un número de muestras reales para determinar cuantitativamente todos los POC´s, con el fin de conocer el porcentaje de extracción de cada plaguicida, tomando en cuenta las limitaciones del método optimizado.

El porcentaje de extracción que se calcula para cada una de las muestras reales en el presente trabajo se mide con el objetivo de corroborar la eficiencia del método de extracción optimizado para detectar y cuantificar POC´s. Para el cálculo del porcentaje de extracción se realizó el dopaje de tres muestras de suelo con los patrones de POC´s a tres distintas concentraciones las cuales fueron 5, 40 y 80 µg/Kgsuelo. Se realizó el proceso de extracción con el método

optimizado antes mencionado, posteriormente al obtener los cromatogramas se analizaron las áreas de pico y se obtuvieron los porcentajes de extracción. A continuación se presentan los resultados de los porcentajes de extracción de 22 POC's.

Los resultados de porcentaje de extracción que se reportan en el Cuadro 10, se establecen tomando en consideración un nivel de dopaje de 5 µg/Kg. Las extracciones se realizaron por triplicado, utilizando el método optimizado anteriormente descrito.

Cuadro 10. Porcentajes de extracción de los plaguicidas organoclorados.

Plaguicida	% Réplica 1	% Réplica 2	% Réplica 3	Promedio%
α -HCH	85,22	84,35	87,22	85,60
γ - HCH	90,28	91,09	90,34	90,57
Heptacloro	83,25	81,54	84,58	83,12
Aldrín	94,36	95,38	95,58	95,11
β -HCH	100,24	103,58	100,45	101,42
δ -HCH	98,56	97,57	98,9	98,34
Heptacloro exo-epoxido	92,09	94,05	94,28	93,47
Endosulfan I	102,25	100,26	103,34	101,95
p,p'-DDE	100,86	100,85	98,56	100,09
Dieldrin	97,85	97,65	96,02	97,17
Endrin	92,35	93,58	93,65	93,19
p,p'-DDD	104,85	103,12	104,48	104,15
Endosulfan II	98,25	99,08	98,58	98,64
p,p'-DDT	100,68	101,84	100,05	100,86
Endrin Aldehído	96,56	95,75	96,14	96,15
Metoxicloro	97,47	95,15	97,36	96,66
Endosulfan Sulfato	100,85	100,05	102,02	100,97
α -HCH	98,12	98,58	97,25	97,98
γ - HCH	95,87	95,58	96,58	96,01
Heptacloro	83,58	84,48	83,13	83,73
Aldrín	100,33	102,18	100,46	100,99
β -HCH	34,02	32,58	34,75	33,78

Los resultados en el Cuadro 10, muestran que el método optimizado establece un intervalo de porcentaje de extracción entre 83,73% para metoxicloro y 104,15 para p,p'-DDE. La excepción se marca muy evidentemente con el plaguicida organoclorado endrín aldehído, para el cual se obtiene un porcentaje de extracción de 33,78%. Esto indica la exactitud del mismo debido a que en el método EPA 8081A, se establece que el intervalo óptimo de porcentajes de

extracción se encuentra dado entre 70-130%. Claramente, el método de extracción optimizado no es aplicable al plaguicida endrín aldehído del total de plaguicidas analizados. Como es del conocimiento, el método optimizado es un multiresidual y la falla para uno de ellos no invalida el método como tal, puesto que por el mismo se pueden cuantificar e identificar 21 plaguicidas de 22 posibles en un 95,45%.

Se debe mencionar que el método optimizado mejora cuantitativamente el método de extracción con Soxhlet 8081A, que es el utilizado en análisis rutinarios del Laboratorio de Físico-Química Orgánica.

CONCLUSIONES

Se demuestra que el método asistido por ultrasonido optimizado en este trabajo de investigación es eficiente para la extracción de POC's puesto que se extraen con altos porcentajes de extracción. El método es de relativa facilidad de realización experimental, consume bajas cantidades de solvente, se lleva a cabo en corto tiempo, por lo tanto es factible procesar un número alto de muestras. Requiere pequeñas cantidades de suelo agrícola y temperaturas de extracción muy cercanas a las ambientales. No requiere de instrumentación complicada. El método mencionado no puede ser aplicado para el endrín aldehído ya que el porcentaje de extracción obtenido es muy bajo. Se puede afirmar que es absolutamente aplicable para los 20 POC's analizados y una opción suficientemente aplicable para suelos agrícolas del tipo que se encuentran entre los 800 y 2000 msnm en el Páramo Andino Merideño y otros en distintas regiones del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Żwir-Ferenc, M. Biziuk. 2006. Solid Phase Extraction Technique – Trends, Opportunities and Applications. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 15(5), 677-690.
- Ahmed Hussen, Negussie Megersa, Jan Åke Jönsson. 2017. Effect of Aging Organochlorine Pesticides in Various Soil Types on Their Extractability Using Selective Pressurized Liquid Extraction. Journal of Environmental Protection, Vol. 8, 867-883.
- Aktar M. W, Sengupta D. y Chowdhury A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. Interdiscip. Toxicol. 2 (1), 1-12.

- Ali Tor, Mehmet Emin Aydin, Senar Özcan. 2006. Ultrasonic solvent extraction of organochlorine pesticides from soil. *Analytica Chimica Acta* 559, 173–180.
- Anna Laura Capriotti, Chiara Cavaliere, Piero Giansanti, Riccardo Gubbio, Roberto Samperi and Aldo Laganà. 2010. Recent developments in matrix solid-phase dispersion extraction. *Journal of Chromatography A*. 1217(16) 2521-2532.
- Castro J, Sánchez-Brunete C. 2001. Multiresidue analysis of insecticides in soils by gas chromatography with electron-capture detection and confirmation by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography*. 65, pág.45.
- EPA Method 3550 C. 1996. Ultrasonic extraction. U.S. Environmental Protection Agency. Revision 3. 1-6.
- EPA Method 8081 A. 1996. Organochlorine pesticides by gas chromatography. U.S. Environmental Protection Agency. Revision 1. 1-7.
- España Amórtegui, J. C. 2013. Análisis de residuos de plaguicidas en frutas colombianas de exportación y cereales (Doctoral dissertation).
- J. Beltran, F.J. López, F. Hernández. 2000. Solid-phase microextraction in pesticide residue analysis. *Journal of Chromatography A*, 885 389–404,
- Jina Marcela Martínez-Lara y Martha Isabel Páez Melo. 2017. Diseño de experimentos aplicado en la optimización del método de extracción quechers para la determinación de plaguicidas organoclorados y organofosforados en suelos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (4) 559-573.
- Mara C. Avendaño, Pablo Roqué, Miriam E. 2018. Palomeque An Efficient Extraction Method of Persistent Organic Pesticides in Soil Samples for Their Chromatographic Determination. *Soil and Sediment Contamination*, vol. 0, no. 0, 1–13.
- Md. Musfiqur Rahman, A. M. Abd El-Aty, Sung-Woo Kim, Sung Chul Shin, Ho-Chul Shin, Jae-Han Shim. 2017. Quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe sample preparation approach for pesticide residue analysis using traditional detectors in chromatography: A review. *J. Sep. Sci.*, 40, 203–212
- Mosquera, D. 2012. Estandarización de un método para la cuantificación de pesticidas organoclorados y organofosforados en suelos por cromatografía de gases con detectores FID y ECD. Tesis de Química Industrial, Universidad tecnológica de Pereira, facultad de tecnologías, Escuela de Química.
- Muhammad Sajid, Justyna Plotka-Wasyłka. 2018. Combined extraction and microextraction techniques: Recent trends and future perspectives. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 103, 74-86.
- Muhammad Sajid, Khalid Alhooshani. 2018. Dispersive liquid-liquid microextraction based binary extraction techniques prior to chromatographic analysis: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 108, 167-182.
- Norma Tombesi, Karla Pozo, Andrés Arias, Mónica Alvarez, Petra Pribylova, Ondrej Audy, Jana Klánová. 2018. Records of organochlorine pesticides in soils and sediments on the southwest of Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Earth Sciences* 77:403.
- Qiangfeng Wang, Renji Chen, William Shatner, Yan Cao, Yu Bai. State of the art on the technique of dispersive Liquid-liquid microextraction. *Ultrasonics*

Sonochemistry.

- Uzcátegui, J., Araujo, Y., Mendoza, L. 2011. Residuos de plaguicidas organoclorados y su relación con parámetros físico-químicos en suelos del Municipio Pueblo Llano, Estado Mérida. *Bioagro* 23(2):115-120.
- Barcellos, R., Pizzolato, T. 2018. Combining extraction and purification steps in sample preparation for environmental matrices: A review of matrix solid phase dispersion (MSPD) and pressurized liquid extraction (PLE) applications. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 109, 83-96.
- Sângela Nascimento do Carmo, Josias Merib, Adriana Neves Dias, Joni Stolberg, Dilma Budziak, Eduardo Carasek. 2017. A low-cost biosorbent-based coating for the highly sensitive determination of organochlorine pesticides by solid-phase microextraction and gas chromatography-electron capture detection. *Journal of Chromatography A*, 1525 23–31.
- Sergio David Leal Soto, Ana Isabel Valenzuela Quintanar, María de Lourdes Gutiérrez Coronado, María del Carmen Bermúdez Almada, et al. 2014. Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos agrícolas. *terra latinoamericana*, 32 (1).
- Takashi Miyawaki, Kazuhiro Tobiishi, Shigeyuki Takenaka & Kiwao Kadokami. 2017. A Rapid Method, Combining Microwave-Assisted Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry with a Database, for Determining Organochlorine Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Sediments. *Soil and Sediment Contamination*, 27(1), 31-45.
- Ulrike Mülow-Stollin, Petra Lehnik-Habrink, Stephanie Kluge, Wolfram Bremser, Christian Piechotta. 2017. Efficiency Evaluation of Extraction Methods for Analysis of OCPs and PCBs in Soils of Varying TOC. *Journal of Environmental Protection*, Vol. 8, 693-713.
- Zhang, H., Lu, Y. 2005. Classification and ordination of DDT and HCH in soil samples from the Guanting Reservoir, China. *Chemosphere*. 60, 762-769.

APTITUD FÍSICA DE TIERRAS PARA USO AGRÍCOLA Y PECUARIO. CASO DE ESTUDIO: SECTORES JAJÍ Y SANTO DOMINGO, PARROQUIA JAJÍ, MUNICIPIO CAMPO ELÍAS, ESTADO MÉRIDA.

PHYSICAL LAND SUITABILITY FOR AGRICULTURAL AND LIVESTOCK USE. CASE STUDY: JAJÍ AND SANTO DOMINGO SECTORS, JAJÍ PARISH, CAMPO ELÍAS MUNICIPALITY, MÉRIDA STATE.

Vielma José.

Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela. ORCID ID: 0009-0004-0727-1169.

E-mail: armandovielma0@gmail.com

Fecha de inicio: 09/2022

Fecha de finalización: 11/2023

DOI: <https://doi.org/10.53766/AGRIANDI/2024.24.e.05>

RESUMEN

En esta investigación, se evaluó la aptitud física de la tierra en dos sectores de la parroquia Jají. Fueron empleados los criterios propuestos en el Reglamento Parcial de la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario para clasificar los suelos y determinar la aptitud física de la tierra a partir del Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976). Fueron identificadas tres clases de suelo (IV, VI y VII). Las áreas con suelos Clase IV calificaron altamente aptos para los cultivos de café y tomate, y moderadamente aptos para maíz y usos pecuarios. Las Clases VI y VII mostraron niveles altos y moderados de aptitud para el café, pero para otros cultivos resultaron marginalmente aptos y no aptos debido a riesgos de erosión y acidez del suelo. El cultivo de caña de azúcar se consideró no apto en el 93,56% debido a riesgos de erosión, carácter ácido del suelo, altitud y condiciones climáticas. El 25,51% del área califica como no apta para el pasto guinea, al no recomendarse en pisos altitudinales superiores a los 1800 msnm.

Palabras Clave: Evaluación de tierras; clases de suelos; aptitud física de la tierra.

ABSTRACT

In this study, the physical suitability of the land in two sectors of the Jají parish was assessed. The criteria proposed in the Partial Regulation of the Land and Agrarian Development Law were employed to classify soils and determine land suitability based on the FAO Land Evaluation Scheme (1976). Three soil classes (IV, VI, and VII) were identified. Areas with Class IV soils were highly suitable for coffee and tomato crops, and moderately suitable for corn and livestock uses.

Classes VI and VII showed high and moderate levels of suitability for coffee, but for other crops, they were marginally suitable and unsuitable due to soil erosion and acidity risks. Sugarcane cultivation was considered unsuitable in 93.56% of the area due to erosion risks, soil acidity, altitude, and climatic conditions. About 25.51% of the area was deemed unsuitable for guinea grass, especially not recommended at altitudes above 1800 meters above sea level.

Key words: Land evaluation, soil classes, physical land suitability

INTRODUCCIÓN

La evaluación de tierras es un procedimiento de gran importancia para la identificación y agrupación de unidades homogéneas del espacio geográfico que poseen características propicias tanto para actividades agrícolas como no agrícolas. Este proceso se encarga de integrar variables de naturaleza biofísica y/o socioeconómica esenciales para la clasificación de tierras. Dentro de este contexto los levantamientos de suelos en conjunto con el análisis de variables climáticas, topográficas, de vegetación, socioeconómicas, entre otras, se constituyen como los elementos fundamentales para la aplicación de estos procedimientos de evaluación de tierras.

La parroquia Jají del municipio Campo Elías, en el estado Mérida, es un área que históricamente ha sido reconocida por su actividad agrícola y pecuaria, siendo una zona rural casi en su totalidad. A pesar de esto, las comunidades Jají y Santo Domingo, áreas seleccionadas para el estudio, carecen de investigaciones referentes a estudios de suelos y acerca de la clasificación de tierras, esto ha generado una limitación en el conocimiento respecto a las condiciones biofísicas de la zona y las potencialidades reales de las tierras, lo cual ha conducido a prácticas inadecuadas y a un manejo poco eficiente de los recursos naturales.

La falta de información técnica y científica sobre las cualidades y características de las tierras se constituye en un problema que dificulta la planificación y gestión adecuada de los recursos, conllevando a la degradación y a la recurrente disminución de la productividad agrícola y pecuaria de las tierras, además, la carencia de información sobre las características de los suelos ha limitado la capacidad de establecer medidas adecuadas para la conservación y manejo de los mismos, afectando negativamente otros elementos del medio físico, como el recurso hídrico y la cobertura vegetal.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar las tierras para uso agrícola y pecuario en los sectores Jají y Santo Domingo de la parroquia Jají, mediante un levantamiento de suelos y una clasificación de los mismos según las normativas del Reglamento Parcial del Decreto con Fuerza de Ley de Tierras y Desarrollo Agrario 2005 (RPLTDA, 2005) y el Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976) con el fin de determinar su aptitud física para diferentes usos tradicionales en este entorno. Los resultados obtenidos permiten conocer las potencialidades y limitaciones físicas del área de estudio para algunos rubros agrícolas comunes en la zona como el café y la caña de azúcar, además de algunos pastos utilizados para la ganadería bovina como el estrella y el guinea. Esto permite sentar las bases para establecer recomendaciones y medidas necesarias para el manejo y conservación de las tierras tomando en cuenta la productividad de cada rubro, contribuyendo a la planificación y ordenación del territorio en la zona y promoviendo un uso sostenible de los recursos naturales.

METODOLOGÍA

1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO: El área de estudio se encuentra en la parroquia Jají, perteneciente al municipio Campo Elías del Estado Mérida, en los sectores Jají y Santo Domingo, situada entre las coordenadas: 950138 mN – 240830 mE y 946231 mN – 242506 mE en dirección Norte – Sur; entre las coordenadas 948205 mN – 243929 mE y 948388 mN – 240478 mE en dirección Este – Oeste. Esta área abarca una superficie de 459,56 hectáreas, que ocupan una parte significativa del sur de la parroquia Jají, en la zona media de la cuenca de la Quebrada La Sucia (Figura 1).

Esta zona se encuentra en pisos altitudinales entre los 1300 y 1900 msnm, con dos tipos climáticos según Silva (2010): fresco y poco lluvioso en áreas con altitudes inferiores a 1700 msnm, con precipitación anual media entre 800 y 1200 mm anuales y temperaturas promedio entre 18 y 22,9 °C; y un clima templado y poco lluvioso en áreas con altitud superior a los 1700 msnm, con el mismo rango de precipitación pero temperaturas más bajas, las cuales se encuentran entre 13 y 17,9 °C.

La litología que constituye el material parental de los suelos en esta zona está representada por la Formación del Jurásico La Quinta, cuyas rocas

predominantes son areniscas, limolitas y conglomerados, derivando en suelos de texturas medias, con bajos contenidos de materia orgánica, además de tres Formaciones del Cretácico: Colón, Capacho y La Luna, caracterizadas por rocas como lutitas y calizas de altos contenidos de materia orgánica y siendo factor explicativo de las texturas finas del suelo que derivan de estas formaciones (PDVSA, 2003).

El relieve está caracterizado por ser complejo y montañoso, marcado por la alta presencia de rasgos geológicos estructurales, con predominio de vertientes, colinas y áreas de depósitos aluviales de altas pendientes como es frecuente en los Andes de Venezuela.

La actividad pecuaria está representada por aproximadamente un 26,51% de la superficie total del área de estudio, ocupando pastizales y algunas áreas boscosas, lo cual equivale a unas 121,87 hectáreas dedicadas a la ganadería bovina para producción de leche. La actividad agrícola que ocupa un 13,70% del área de estudio se caracteriza por cultivos tropicales de importante tradición en la zona, predominando el café y la caña de azúcar, con más de 60 hectáreas destinada a estos rubros, siendo la ganadería y la agricultura los pilares fundamentales de la generación de ingresos para la población local.

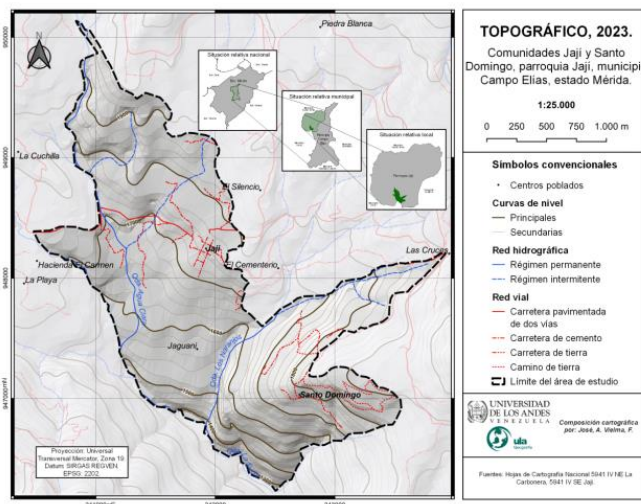


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

2. BASE CARTOGRÁFICA: Para el procesamiento de la base cartográfica se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente el QGIS

3.16.4. La cartografía base del área de estudio se obtuvo a partir de la georreferenciación y digitalización de las hojas de Cartografía Nacional 5941 IV NE La Carbonera y 5941 IV SE Jají a escala 1:25.000, siendo esta la escala del estudio. Para la representación espacial de las variables biofísicas requeridas por el estudio (clima, geología, pendiente del terreno, formas del terreno y cobertura de la tierra). Se llevó a cabo una recopilación de recursos cartográficos e información de las estaciones meteorológicas cercanas al área:

- Mapa Geológico del sector Tabay – Estanques, estado Mérida. Hoja 2. Fecha: 1995. Escala: 1:25.000.
- Imagen satelital Sentinel 2A Fecha: 15 de enero, 2022. Resolución espacial: 10 metros. Sentinel 2A
- Google Earth Pro. Fecha: Fecha: 04 de noviembre, 2021. Resolución espacial: 1 metro.
- Registros de las estaciones meteorológicas adyacentes al área de estudio (Tabla 1). Los registros de precipitación y temperatura anual fueron representados en una capa vectorial de puntos en el SIG, para posteriormente llevar a cabo un proceso de interpolación y obtener los tipos climáticos del área según Silva (2010).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de datos climáticos.

Serial	Estación	Lat. N.	Long. O.	Altitud (msnm)	Pp. media (mm)	Temp. Media (°C)	Periodo registrado
3170	San Juan de Lagunillas	8°30'40"	71°21'14"	1050	573.82	22.40	1970-1997
8057	Tostós	8°25'36"	71°20'22"	2400	50.35	13.52	1970-1993
8049	La Punta	8°33'49"	71°11'20"	1300	1236.33	15.55	1975-2001
3047	Mérida Aeropuerto	8°36'00"	71°17'06"	1479	1706.54	19.50	1920-2017
3042	Mesa de Ejido	8°33'00"	71°17'06"	1520	919.21	19.24	1948-1998
3040	La Cuchilla	8°38'00"	71°21'10"	2280	1478.16	15.55	1963-1997
3053	Chiguará	8°30'25"	71°34'30"	1078	850.38	22.10	1970-1998

Fuente: MINEC, (s/f)

3. LEVANTAMIENTO DE SUELOS: El levantamiento de suelos adoptó un modelo semidetallado a escala 1:25,000, siguiendo los criterios de Jaramillo (2002) que sugieren 9 a 10 observaciones de comprobación por cada 100

hectáreas. Se seleccionaron 44 puntos de muestreo que abarcaban la superficie total del área de estudio (Figura 2). Seguidamente se tomó en cuenta la relación suelos - paisaje, analizando los factores y procesos que influyen en la formación del suelo como resultado de las condiciones biofísicas del área. Velásquez et al. (2004) sugieren este enfoque paisajístico, ya que permite clasificar la superficie terrestre mediante una identidad areal, aprovechando ampliamente el análisis de mapas y datos provenientes de sensores remotos. Este enfoque sugiere la superposición de los mapas temáticos mencionados utilizando el criterio de intersección o unión en un SIG. La superposición de mapas utilizando la herramienta vectorial de intersección en el QGIS 3.16.4 permitió delimitar 8 unidades homogéneas de tierra, detallando el predominio y variabilidad espacial de las condiciones biofísicas en cada una (Tabla 2).

Se diseñó un muestreo aleatorio proporcional para distribuir los 44 puntos entre las unidades, garantizando un recubrimiento uniforme del área de estudio. Las muestras de suelo se obtuvieron con barrenos y se realizaron en laboratorio análisis de textura, carbono orgánico, pH y conductividad eléctrica. Además, se realizaron observaciones en campo sobre la profundidad efectiva del suelo, pedregosidad, drenaje interno y externo, procesos de erosión, y riesgos de inundación.

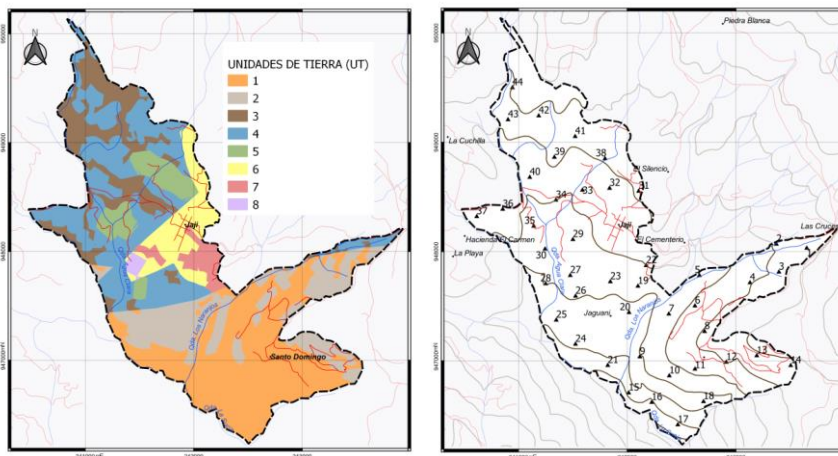


Figura 2. Unidades homogéneas de tierra y distribución de los puntos de muestreo.

Tabla 2. Unidades homogéneas de tierra (UT) resultantes de la intersección de variables biofísicas.

UT	Formación geológica	Pendiente	Forma del terreno (%)	Cobertura de la tierra (%)	Características climáticas	Superficie (ha)
UT1	Fm. JIq	>30%	Vertientes 80,14% Vega del río 9,94% Abanico 8,18% Colinas 1,74%	Arbustal 65,42% Bosques 17,39% Cultivos 3,94% Pastizal 12,28% Cuerpo de agua 0,97%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 16 – 23 °C	144,19
UT2	Fm. JIq	12 – 30%	Vertientes 51,93% Abanico 36,41% Colinas 7,14% Vega del río 4,52%	Arbustal 31,44% Bosques 24,77% Cultivos 33% Pastizal 10,42% Cuerpo de agua 0,37%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 16 – 23 °C	68,59
UT3	Fm. Kc	>30%	Colinas 73,13% Vega del río 15,68% Abanico 11,19%	Bosques 75,21% Pastizal 19,35% Construcciones 2,70% Cultivos 1,42% Cuerpo de agua 1,32%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 16 – 23 °C	65,58
UT4	Fm. Kc	12 – 30%	Colinas 57,78% Abanico 29,91% Vegas del río 12,33%	Bosques 58,17% Pastizal 29,25% Cultivos 12,07% Construcciones 0,41% Cuerpo de agua 0,10%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 16 – 23 °C	105,29
UT5	Fm. Kc	8 – 12%	Colinas 61,35% Abanico 27,54% Vegas del río 11,11%	Bosques 54,14% Pastizal 37,07% Cultivos 8,79%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 16 – 23 °C	22,77
UT6	Fm. Kcp	12 – 30%	Colinas 94,20%	Bosques 45,33%	Precipitación: 800 – 1200mm	37,4
	61,04%		Abanico 5,8%	Pastizal 25,11%	Temperatura: 16 – 23 °C	
	Fm. KI			Cultivos 15,58%		
	38,85%		Construcciones 13,98%			
UT7	Fm. Kcp	>30%	Colinas 96,23%	Cultivo 68,29%	Precipitación: 800 – 1200mm	12,48
	Fm. KI		Abanico 3,77%	Bosques 27%	Temperatura: 16 – 23 °C	
				Construcciones 4,68%		
UT8	Fm. KI	8 – 12%	Abanico 100%	Cultivos 100%	Precipitación: 800 – 1200mm Temperatura: 18 – 23 °C	3,26

Leyenda: Fm. JIq: Jurásico Formación La Quinta; Fm. Kc: Cretácico Formación Colón; Fm. Kcp: Cretácico Formación Capacho; Fm. KI: Cretácico Formación La Luna.

4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS: Se emplearon los criterios expresados en el Artículo 21 del RPLTDA 2005, los cuales fueron utilizados anteriormente por algunos autores como Peña et al. (2006) y Muñoz et al. (2014), mediante estos lineamientos se pueden identificar las clases de los suelos según sus características y cualidades, permitiendo recomendar determinados usos de la tierra según las condiciones de las mismas (Tabla 3). De esta forma se logran representar sistemáticamente las potencialidades y limitaciones de cada una de las unidades de tierra.

Tabla 3. Caracterización de las clases de suelos venezolanos (RPLTDA, 2005).

Clases de suelo	Profundidad efectiva del suelo (cm)	Características principales							
		Topografía (%)	Erosión	Suelos			Drenaje		
				Textura	Pedregosidad	Fertilidad (pH)	Interno	Externo	Inundaciones
I Agrícola	80	Plana de 0 a 3%	Ligera	F-Fa-FA.a y FL-FAL-FA-L	Ligera	Neutro (pH = 6,6 - 7)	Moderado	Moderado	No tiene
II Agrícola	80	Plana de 0 a 3%	Ligera	F-Fa-FA.a y FL-FAL-FA-L	Ligera	Ligeramente ácida (pH = 6 - 6,5)	Moderado	Lento y moderado	No tiene
III Agrícola	50 - 80	Ondulaciones muy espaciadas de 3 a 8%	Moderada	a-aF / F-Fa-FA.a y FL-FAL-FA-L	Moderada	Moderada a fuerte acidez (pH 4,5 - 5,9)	Lento, moderado y rápido	Lento, moderado y rápido	1 cada 5 años
IV Agrícola	50 - 80	Ondulaciones espaciadas y/o pendientes 8 a 12%	Moderada	a-aF / F-Fa-FA.a / FL-FAL-FA-L y AL-Aa-A	Moderada	Moderadam ente alcalino (pH = 7,5 - 8,3)	Lento, moderado y rápido	Lento, moderado y rápido	1 cada 5 años
V Pecuario	25 - 50	Ondulaciones espaciadas y/o pendientes 8 a 12%	Moderada	a-aF / F-Fa-FA.a / FL-FAL-FA-L y AL-Aa-A	Moderada	Moderadam ente alcalino (pH = 7,5 - 8,3)	Lento, moderado y rápido	Lento, moderado y rápido	1 cada 5 años
VI Pecuario	25 - 50	Ondulaciones espaciadas y pendientes 12 a 30%	Fuerte	a-aF / F-Fa-FA.a / FL-FAL-FA-L y AL-Aa-A	Fuerte	Extremadam ente ácido (pH = 3,5 - 4,5)	Muy lento, lento, moderado y rápido	Muy lento, lento, moderado y rápido	Frecuente (de 2 a 3 años)
VII Forestal	0 - 25	Quebradizo con pendientes mayores de 30%	Severa	a-aF / F-Fa-FA.a / FL-FAL-FA-L y AL-Aa-A	Severa	Extremadam ente ácido (pH = 3,5 - 4,5)	Muy lento, lento, moderado y rápido	Muy lento, lento, moderado y rápido	Frecuente (de 2 a 3 años)
VIII Forestal	0 - 25	Quebradizo con pendientes mayores de 30%	Severa	a-aF / F-Fa-FA.a / FL-FAL-FA-L y AL-Aa-A	Severa	Fuerte a extremadam ente alcalino (pH 8, 4 a 9) y menores de 3,5	Muy lento, lento, moderado y rápido	Muy lento, lento, moderado y rápido	Muy frecuente (cada año)

Legenda: Clases texturales: arena (a), arenofrancoso (aF), francoarenoso (Fa), Francoarcilloarenoso (FAa), franco (F), francoarcilloso (FA), francolimoso (FL), francoarcillolimoso (FAL), limoso (L), arcillolimoso (AL), arcilloarenoso (Aa), arcillosos (A). pH= potencial de Hidrógeno. Profundidad efectiva: Capacidad de penetración de las raíces, sin impedimento de la roca madre, de un horizonte muy endurecido, mesa de agua o nivel freático

5. EVALUACIÓN DE LA APTITUD FÍSICA DE LA TIERRA: En esta etapa se utilizaron los criterios de la FAO (1976), con el fin de integrar las variables geográficas, en este caso biofísicas, logrando definir la idoneidad de las tierras para determinados usos agrícolas o pecuarios a ser seleccionados.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE TIERRA (UT): Se refiere a las unidades espaciales seleccionadas para el estudio, en este caso las unidades homogéneas delimitadas a partir de las variables biofísicas.

5.2. CUALIDADES DE LA TIERRA (CT) Y CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA (CaT): Las cualidades de la tierra son aquellos atributos complejos que se comportan de manera diferente en función de los aspectos biofísicos del entorno, y las características de la tierra son las propiedades de la misma que pueden ser medidas y estimadas de manera directa para determinar las cualidades de la tierra a ser evaluadas (Tabla 4).

5.3. TIPOS DE USO DE LA TIERRA (TUT): Corresponde al tipo de cultivo seleccionado para el estudio, los TUT agrícolas a evaluar son: café, tomate, maíz y caña de azúcar; y los TUT pecuarios son: pasto estrella y brachiaria (evaluados en simultáneo por sus requerimientos similares) y pasto guinea. Todos los TUT fueron evaluados en condiciones de secano.

Tabla 4. Cualidades (CT) y características de la Tierra (CaT) seleccionadas

Características de la tierra (CaT)	Cualidad de la Tierra (CT)
Profundidad del suelo (cm) Pedregosidad (clases)	Condición de enraizamiento
Textura del suelo (clases) Drenaje (clases)	Humedad disponible
Reacción del suelo (pH) Carbono orgánico (%)	Nutrientes disponibles
Textura del suelo (clases)	Retención de nutrientes
Pendiente (%) Textura del suelo (clases)	Riesgo de erosión
Pedregosidad (clases)	Capacidad de laboreo
Pendiente (%) Pedregosidad (clases)	Posibilidades de mecanización

Fuente: FAO, (1976)

5.4. REQUERIMIENTOS DE USO DE LA TIERRA (RUT): Reúne las cualidades y características de la tierra necesarias para cada TUT, además se consideran requerimientos climáticos como la altitud, precipitación y temperatura. Se realizó una consulta bibliográfica de los requerimientos de cada cultivo:

CIREN (1989), Pineda et al., (2002), Ruiz, et al., (2013), Camacho et al., (2014), Gutiérrez et al., (2018). Para cada TUT es necesario tabular los RUT según los autores consultados, se expone como ejemplo la sistematización de los requerimientos del cultivo de café (Tabla 5).

Tabla 5. RUT para el cultivo de café en seco.

CaT	Altamente apto	Moderadamente apto	Marginalmente apto	No apto
Profundidad del suelo (cm)	>100	80-100	60-80	<60
Pedregosidad	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Textura del suelo	F, FA, FL	FAa, FAL, AL, Fa	aF, Aa, A y FA	A, a
Drenaje	Bien drenado	Moderadamente drenado	Ligeramente drenado	Mal drenado
Altitud (msnm)	900 - 1200	1000 - 2800	-	-
Precipitación (mm/año)	1400-2000	1000-1400	800-1000	<800
		2000 - 2500	2500-3000	>3000
Temperatura (°C)	16-22	-	-	<14
Pendiente (%)	0-45	45-60	60-90	>90
Carbono Orgánico (%)	>1.5	1.0-1.5	0.75-1.0	<0.75
pH	4 - 6,6	2,8 - 4	1,6 - 2,8	<1,6
		6,6 - 7,4	7,4 - 7,8	>7,8
Conductividad eléctrica (dS/m)	<2	-	-	-

Fuente: FAO (1976) y Ruiz, et al. (2013)

5.5. DETERMINACIÓN DE LA APTITUD FÍSICA: Cada UT tiene características climáticas y edafológicas predominantes, determinadas mediante las clases de suelos definidas en el RPLTDA 2005, por esta razón, en función del TUT a ser evaluado por unidad de tierra se siguen algunos criterios para definir el grado de aptitud física (Tabla 6).

Tabla 6. Criterios para la determinación de la aptitud física de cada UT.

Clase de aptitud	Criterio
Altamente apto (A1)	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la UT presenta el calificador A1 en todas sus características. - Cuando la UT presenta al menos nueve características A1 y todas las restantes sean A2.
Moderadamente apto (A2)	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la UT presenta el calificador A2 en todas sus características. - Cuando la UT presenta tres características A1 y las restantes sean A2. - Cuando la UT presenta nueve características A2 y las restantes sean A3 (excepto la pendiente).
Marginalmente apto (A3)	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la UT presenta el calificador A3 en la pendiente. - Cuando la UT presenta nueve características con calificador A3.
No apto (N)	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la UT presenta el calificador N en cualquiera de las características.

Fuente: FAO, (1976)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el levantamiento de información en campo se logró observar una homogeneidad en las condiciones de drenaje del suelo, caracterizadas por un drenaje interno y externo de carácter moderado, exento de complicaciones relacionadas con la retención de agua o la formación de encharcamientos. No se identifican indicios significativos de erosión, a excepción de algunos surcos localizados en áreas de la Formación La Quinta. Asimismo, se destaca la ausencia de superficies pedregosas excepto en los márgenes de la Quebrada La Sucia. La profundidad del suelo se mantiene superior a los 80 cm, salvo en UT con pendientes superiores al 30%, donde oscila entre 50 y 80 cm. Los análisis de conductividad eléctrica sugieren que los suelos no tienen presencia de sales solubles, indicando la ausencia de salinidad derivada de factores como aridez o uso excesivo de productos agroquímicos. Posteriormente fueron definidas, cartografiadas y sistematizadas las clases del suelo (ver Figura 3 y Tabla 7).

Los suelos de Clase IV (UT 5 y 8) abarcan el 5,66% del área, con topografía levemente plana y un nivel de pH entre moderadamente ácido y ligeramente ácido, la acidez del suelo en estas áreas de los Andes deriva de las características del material parental y de las condiciones fisiográficas (Ochoa et al. 2004), (Velázquez et al., 2004). Estos suelos poseen altos contenidos de materia orgánica y un predominio de texturas franco arcillosas, siendo sugeridos para actividades agrícolas.

Las UT 2, 4 y 6 tienen suelos de Clase VI, ocupando el 45,97% del área, siendo propicias para actividades pecuarias. Con pendientes entre 12% y 30%, niveles moderados y ligeros de acidez, alto contenido de carbono orgánico y texturas variadas. La topografía irregular limita su uso agrícola debido a los riesgos de erosión, por lo cual la RPLTDA 2005 los califica como Clase VI.

Las UT 1, 3 y 7 presentan suelos Clase VII, representando un 48,37% del área, con limitaciones severas para la agricultura y la ganadería debido a las pendientes superiores al 30% y extremos niveles de acidez, siendo recomendadas para uso forestal o agroforestal.

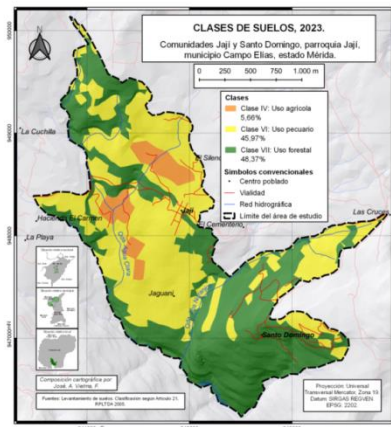


Figura 3. Clases de suelos del área de estudio.

Tabla 7. Clases de suelo por unidad de tierra y sus características predominantes.

UT	Clase	Clase textural (%)	Acidez del suelo (pH)	Carbono orgánico (%)	Conductividad eléctrica	Sup. (ha)
UT 1	VII	Fa: 27,84% FAa: 27,17% F: 31,71% FA: 9,91% A: 3,37%	Fuerte: 36,81% Moderada: 52,08% Ligera: 11,05%	Medio: 53,91% Alto: 41,34% Muy alto: 4,75%	Baja: 13,15% Media: 53,66% Alta: 33,19%	144,19
UT 2	VI	FAa: 29,26% FA: 28,39% F: 22,32% A: 14,05% Fa: 5,97%	Fuerte: 31,53% Moderada: 47,15% Ligera: 21,32%	Medio: 7,81% Alto: 60,87% Muy alto: 31,32%	Baja: 18,33% Media: 23,57% Alta: 58,09%	68,59
UT 3	VII	FA: 77,32% A: 15,90% FAa: 6,78%	Fuerte: 26,70% Moderada: 37,22% Ligera: 36,08%	Medio: 35,85% Alta: 64,15%	Baja: 4,07% Media: 48,25% Alta: 47,68%	65,58
UT 4	VI	FA: 70,48% A: 17,66% FAa: 11,86%	Fuerte: 11,50% Moderada: 45,09% Ligera: 43,41%	Medio: 39,79% Alto: 64,76% Muy alto: 4,44%	Baja: 4,15% Media: 37,31% Alta: 58,54%	105,29
UT 5	IV	FA: 85,91% A: 14,09%	Moderada: 26,84% Ligera: 73,16%	Medio: 8,45% Alto: 81,55%	Media: 37,18% Alta: 62,82%	22,77
UT 6	VI	A: 71,11% FA: 28,89%	Moderada: 96,69% Ligera: 3,31%	Medio: 33,05% Alto: 69,95%	Media: 65,83% Alta: 34,17%	37,40

UT 7	VII	FA: 86,38% A: 13,62%	Fuerte: 29,26% Moderada: 70,74%	Medio: 43,30% Alto: 56,70%	Media: 8,82% Alta: 91,18%	12,48
UT 8	IV	FA: 100%	Moderada: 74,19 % Ligera: 25,81%	Alto: 100%	Media: 12,87% Alta: 87,13%	3,26

Tomando en cuenta las clases obtenidas, es observable que la topografía y el relieve imponen desafíos significativos para el desarrollo de actividades agrícolas en el área de estudio, tanto por los riesgos de erosión como por la imposibilidad de mecanización de cultivos y técnicas modernas, por ende, al considerar las clases de suelos obtenidas se evaluaron algunos TUT y así poder contrastarlas con los niveles de aptitud de la tierra.

En el caso específico de los TUT propuestos para las prácticas agrícolas, el TUT café en seco se destaca como uno de los usos con los niveles más altos de aptitud, ya que un 31,29% del área de estudio se considera altamente apto, específicamente en las UT 4, 5, 7 y 8, mientras que un 68,71% se clasifica como moderadamente apto en las UT restantes. Las áreas altamente aptas cumplen con las condiciones de suelo ideales para el cultivo de café, ya que no representan problemas de pedregosidad y profundidad para el enraizamiento, tienen una buena retención de humedad y buena fertilidad. Por otro lado, las áreas moderadamente aptas también ofrecen condiciones de fertilidad adecuadas para el cultivo de café, pero presentan una matriz textural compuesta principalmente por F, FAa y Fa, texturas que califican como A2 al tener menor capacidad para retener humedad y nutrientes, además de la UT6 en la cual un 71,11% de los suelos son arcillosos. Este TUT presenta como principales limitaciones el piso altitudinal, cuyo rendimiento óptimo se encuentra entre los 900 y 1200 msnm, junto con la precipitación promedio anual que se sugiere debe estar sobre los 1400 mm anuales para este cultivo (Ver Figura 4).

En lo que respecta a los TUT tomate en seco (Figura 5) y maíz en seco (Figura 6) solo un 5,66% del área de estudio perteneciente a las UT 5 y 8, en las que los suelos son Clase IV, califica como altamente apta en el caso del tomate dadas sus condiciones climáticas, el piso altitudinal y la fertilidad del suelo que les favorecen; esta misma superficie califica como moderadamente apta para el cultivo de maíz, cuya diferencia principal es la precipitación como valor limitante,

ya que se recomienda que sea superior a los 1200 mm anuales para el cultivo de este rubro en seco. Por otra parte, se observa que un 45,97% y un 48,37% del área de estudio clasifican como marginalmente aptos y no aptos para estos dos TUT, en los suelos Clase VI y VII respectivamente, siendo sus limitantes la topografía y en menor medida la acidez de los suelos en áreas en las cuales el pH sea fuertemente ácido (inferior a 5,0).

El TUT agrícola con menor grado de aptitud es la caña de azúcar en seco (Figura 7), ya que presenta limitaciones significativas que se relacionan tanto con la topografía y el pH, como con las condiciones climáticas y altitudinales. En primer lugar, el cultivo de caña de azúcar se recomienda para pisos altitudinales bajos, con umbrales de productividad óptimos por debajo de los 1600 msnm, y el área de estudio se encuentra a altitudes más elevadas de las que tolera este TUT, lo que constituye una limitación significativa influyendo en las condiciones climáticas ideales para la caña de azúcar, las cuales son precipitaciones anuales que superen los 1500 mm y temperaturas que se sitúen en un rango de 22 a 32 °C. La acidez del suelo tiene valores que afectan la fertilidad para este cultivo, ya que el rango óptimo se encuentra entre 6,5 y 7,3 (pH neutro), y en el área de estudio predominan suelos fuerte y moderadamente ácidos. La topografía también juega un papel crucial, ya que el cultivo de caña de azúcar requiere suelos con profundidades superiores a 100 cm, y en las áreas más inclinadas del área de estudio, este requisito no se cumple, especialmente en la UT1 donde las profundidades están entre 50 y 80 cm. Como resultado, al valorar estas características y al superponerlas con la capa de pisos altitudinales, un 93,56% del área clasifica como no apto para este cultivo, debido a la incapacidad de cumplir con las condiciones óptimas de clima, pH y topografía. Solo un 6,44% se considera marginalmente apto al ubicarse por debajo de 1600 msnm, presentando suelos de moderada a ligera acidez y pendientes entre el 12 y 30%, condiciones que permitirían el cultivo pero con limitaciones de fertilidad y clima. Por ello, el TUT caña de azúcar en seco es poco recomendable en el área de estudio si se consideran los aspectos biofísicos, ya que hay muchas dificultades para alcanzar una productividad óptima que en el mejor de los casos podría lograrse con altas inversiones y planificación adecuada.

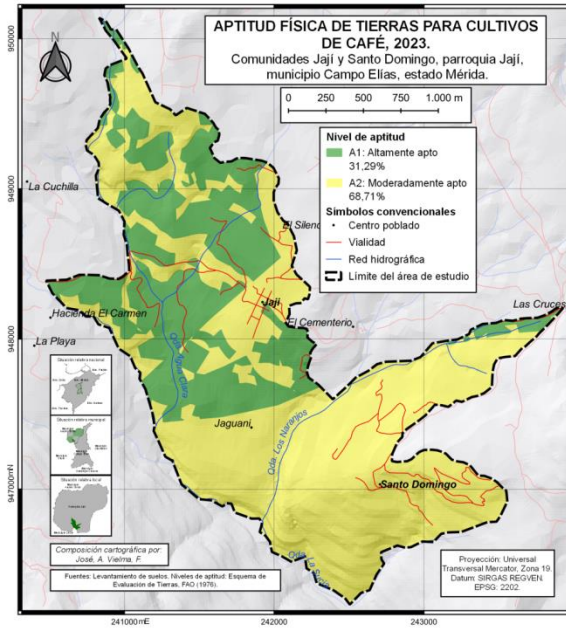


Figura 4. Aptitud física para el TUT café en seco.

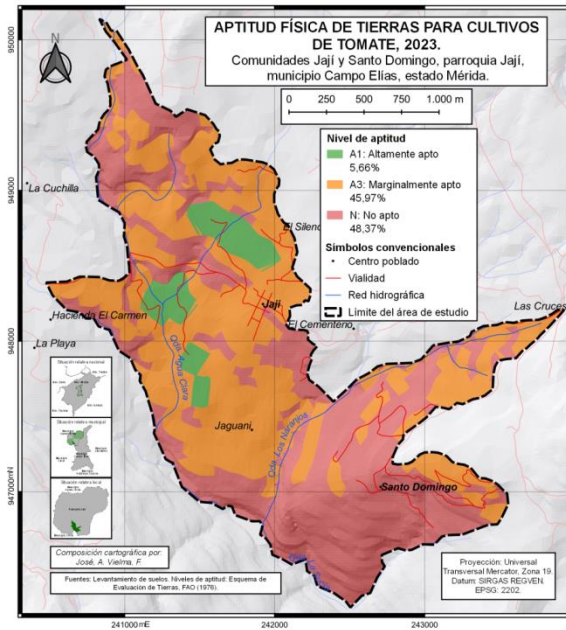


Figura 5. Aptitud física para el TUT tomate en seco.

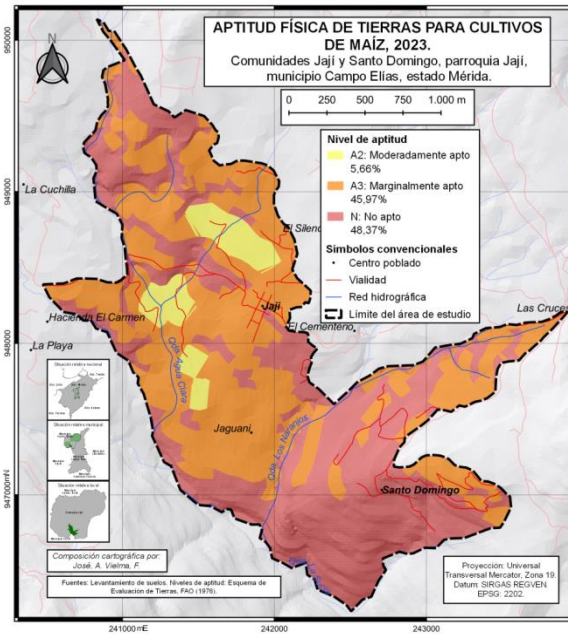


Figura 6. Aptitud física para el TUT maíz en secano.

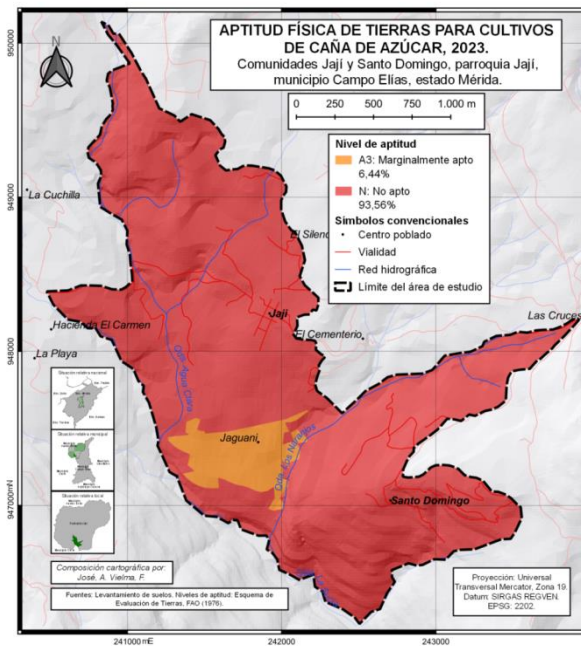


Figura 7. Aptitud física para el TUT caña de azúcar en secano.

El análisis de la aptitud física de la tierra para prácticas ganaderas abarca los pastos brachiaria (*Brachiaria Humidícola*), pasto estrella (*Cynodon Nlemfuensis*) y pasto guinea (*Panicum Maximum*). Los resultados destacan que las características de los suelos y del clima muestran condiciones favorables para los pastizales destinados a la ganadería, pero se requiere un manejo adecuado y pertinente para el control de los riesgos de erosión.

Las condiciones climáticas en el área de estudio son propicias para los pastos brachiaria y estrella, ya que requieren precipitaciones superiores a 900 mm anuales y toleran variaciones intensas de sequía o lluvias, así como temperaturas en el rango de 19 a 35 °C. Estos pastos exhiben adaptabilidad a diversas condiciones de suelo, incluyendo zonas con baja a moderada pedregosidad, características que coinciden favorablemente con el suelo en el área de estudio. Este presenta un pH dentro del rango óptimo (4,5 a 6,5), diversas texturas y niveles adecuados de carbono orgánico. No obstante, la principal limitación identificada es el riesgo de erosión. El 51,63% del área de estudio, constituido por suelos Clase IV y Clase VI, se considera moderadamente apto debido a pendientes que oscilan entre el 8% y el 30%, con riesgos moderados de procesos erosivos. El restante 48,37%, conformado por suelos Clase VII, se considera marginalmente apto debido a pendientes superiores al 30%, incrementando los riesgos de erosión y la acidez del suelo. Los resultados permiten recomendar el uso de estos pastos, especialmente en las unidades de tierra con suelos Clase IV y Clase VI, debido a sus beneficios nutricionales para el ganado, su capacidad de tolerar condiciones climáticas extremas y su resistencia a periodos cortos de encharcamiento y sequía. En las áreas con suelos Clase VII, se sugiere su uso en prácticas de agroforestería, permitiendo un uso mixto de la tierra que incluya la cobertura boscosa sin una alteración significativa, junto con la plantación de estos pastos. (Ver Figura 8).

En cuanto al pasto Guinea (Figura 9), el 37,48% del área de estudio es moderadamente apto (suelos Clase IV y VI), y el 37,01% es marginalmente apto (suelos Clase VII). Las limitaciones incluyen altas pendientes, riesgo de erosión y profundidad del suelo, ya que este pasto particularmente requiere más de 125 cm para rendimientos óptimos. A diferencia del brachiaria y estrella, el pasto guinea es recomendado para altitudes no superiores a 1800 msnm, y al superponer la capa de aptitud física para este pasto con la capa de pisos

altitudinales se obtuvo que un 25,51% del área de estudio califica como no apta por encontrarse sobre este piso altitudinal. Este tipo de pasto es ideal para pastoreo, corte, acarreo, heno y ensilaje, lo cual lo convierte en una excelente alternativa en periodos de sequía, además de ser altamente recomendable para el control de la erosión (Arellano et al., 2009), (Gutiérrez et al., 2018).

Con estos resultados, al comparar los porcentajes de aptitud (Tabla 8) se observa que el uso agrícola con niveles de aptitud más altos es el café en seco, al ser proporcionalmente el que más se adapta a las características biofísicas del entorno estudiado. En cuanto a los pastos evaluados, se tiene que los más adaptables a las condiciones del área son los pastos estrella y brachiaria, a diferencia del pasto guinea que califica no apto en gran proporción del área.

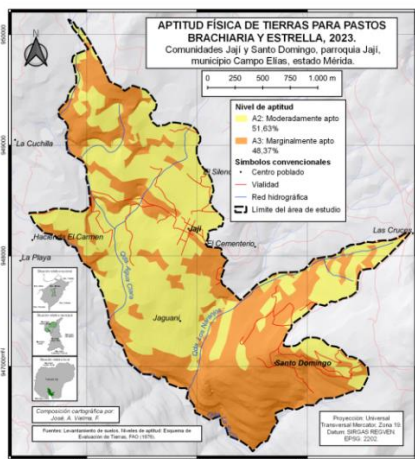


Figura 8. Aptitud física para pastos estrella y brachiaria.

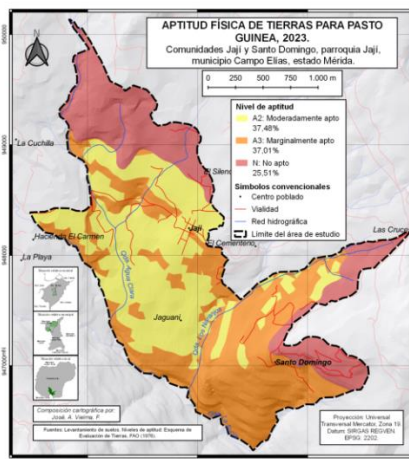


Figura 9. Aptitud física para el pasto guinea.

Tabla 8. Aptitud física de la tierra para cada TUT expresada en porcentaje.

TUT	A1	A2	A3	N
Café en seco	31,29%	68,71%		
Tomate en seco	5,66%		45,97%	48,37%
Maíz en seco		5,66%	45,97%	48,37%
Caña de azúcar en seco			6,44%	93,56%
Pastos estrella y brachiaria en seco		51,63%	48,37%	
Pasto guinea en seco		37,48%	37,01%	25,51%

CONCLUSIONES

- El área de estudio presenta un predominio de suelos Clase VI y VII, para uso pecuario y forestal respectivamente, esto a pesar de no presentar condiciones desfavorables asociadas a pedregosidad, profundidad efectiva o drenaje, siendo la topografía y la acidez del suelo lo que determina finalmente estas clases.
- Siendo la topografía y el carácter ácido de los suelos en esta zona las condiciones más desafiantes para los usos agrícolas y ganaderos, adquiere importancia tomar esto en cuenta al momento de plantearse llevar a cabo alguna plantación, en tal sentido, es importante realizar estudios de suelo a escala de mayor nivel de detalle y conocer con precisión el tipo y la cantidad de enmiendas o fertilizantes se deben aplicar.
- Considerando las condiciones climáticas del área y la idoneidad de los promedios de precipitación y temperatura para los TUT evaluados, la planificación de los cultivos debe llevarse a cabo también tomando en cuenta la estacionalidad de los periodos de lluvia o sequía característicos de estas zonas tropicales, recalcando que además la ocurrencia de fenómenos atmosféricos como El Niño o La Niña puede afectar los niveles de productividad, por lo cual la disponibilidad de datos climáticos actualizados es una necesidad inminente.
- Los bajos niveles de aptitud física de la tierra en el caso de algunos cultivos como el tomate, maíz y caña de azúcar, no significan estrictamente que las plantas no van a crecer, y tampoco se debe recurrir a los extremos de no plantar estos cultivos en un área de tradición agrícola, cuyo modo de vida depende en gran parte de estos rubros. Lo que este tipo de resultados demuestra es que las condiciones biofísicas del área imponen una alta demanda de inversión para alcanzar los niveles de productividad deseados y que estos cultivos sean viables en términos socioeconómicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, R., Aular, M., Pineda, N., & Becerra, L. (2009). Aptitud física de las áreas cafetaleras de la microcuenca del río Monaquito, estado Trujillo-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 50(2).
- Camacho, Y., Sanabria, Y., Martínez, L., Restrepo, H., Mora-Motta, A., García,

- S., Buitrago, J., Páez, C., Gómez, D., Hermosa, M., Sarmiento, G., Díaz, C., Ramos, A. (2014). CONSOLIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA ZONIFICACIÓN CON FINES AGROPECUARIOS A ESCALA SEMIDETALLADA (1:25.000). Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Bogotá, Colombia.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (1989). Requerimientos de clima y suelos para chacras y hortalizas. Santiago, Chile. Publicación N°85.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (1989). Requerimientos de clima y suelos para cereales, cultivos industriales y flores. Santiago, Chile. Publicación N°86.
- FAO. (1976). A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin 32. Rome, Italy.
- Ferrer, C., (1996): Mapa Geológico del sector Tabay- Estánques. Estado Mérida. Instituto de Geografía, Fac. de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Gutiérrez JF., Hering J., Muñoz JJ., Enciso K., Bravo AM., Hincapié B., Sotelo M., Urrea JL., Burkart S. (2018). Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas – Algunos aspectos clave a considerar. Publicación CIAT No. 471. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 20 p. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10568/96261>
- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Ministerio de Ecosocialismo (MINEC). (s/f). Estaciones meteorológicas del estado Mérida. Diversos períodos de registro. Archivo digitalizado. Sistema Nacional De Información Hidrológica Y Meteorológica (SINAIHME), Caracas.
- Muñoz, L., Oballos, J., & Manrique, J. (2014). Aptitud de uso de la tierra. Caso de estudio: asentamientos campesinos, parroquias Cacute y Mucurubá, municipio Rangel, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1).
- Ochoa, G., Oballos, J., Jaimes., & Manrique, J. (2004). Relación entre el material parental y el pH de los suelos en los Andes venezolanos. *Revista Geográfica Venezolana*, 45(2), 281 – 288. *Recuperado de* <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24623>
- Pineda, N., Jaimes, E., Elizalde, G., & Ochoa, G. (2002). Aptitud física de tres clases de suelos a tres pastos, en la planicie del Río Motatán, estado Trujillo, Venezuela. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia*. XII (5), 394 – 404. Recuperado de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14870>
- Peña, C., & Pacheco, C. (2006). Clasificación de suelos con fines agrícolas, una propuesta metodológica para la aplicación del Reglamento Parcial de la Ley de Tierras y Desarrollo Rural. *Agricultura Andina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes*. 11(extraordinario), 9 – 27.
- Petróleos de Venezuela, S.A PDVSA, Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura (CIEN). (2003). Código Geológico de Venezuela. www.pdvsa.com/lexico/lexico.htm
- REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2005. Reglamento Parcial del Decreto con Fuerza de Ley de Tierras y Desarrollo Agrario para la Determinación de la Vocación de uso de la Tierra Rural. Decreto N°

- 3.463, publicado en Gaceta Oficial N° 38.126 de fecha 14 de febrero de 2005. Caracas-Venezuela. 24.
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. (2013). Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- Silva León, G. A. (2010). Tipos y subtipos climáticos de Venezuela. (Trabajo de ascenso a la categoría de titular). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Velásquez, J., Ochoa, G., Oballos, J., Manrique, J., & Santiago, J. (2004). Metodología para la Delineación Cartográfica de Suelos. Revista Forestal Latinoamericana, 019 (2) N° 36, 15 – 34. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24103>

Guía para los autores

Trascendencia:

Agricultura Andina, es una publicación semestral del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, dedicada a la publicación de artículos científicos originales, en idioma español, que incluye investigaciones básicas y aplicadas pertenecientes al campo agropecuario nacional e internacional.

Instrucciones generales:

Los manuscritos deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Deben ser resultado de investigaciones originales.
2. No deben exceder de 12 páginas tamaño carta, escritas por una sola cara, incluyendo texto, ilustraciones y bibliografías en letra Times New Roman 12, escrito en interlíneas de 1,0 y con márgenes de 2,5 cm por cada lado.
3. Se debe consignar un original y dos copias, una de las cuales no debe llevar nombre de autores ni identificación institucional, a fin de ser entregados a los árbitros para su evaluación. Además se debe consignar un formato electrónico (disco compacto) en procesador Word para Windows.
4. Los párrafos deberán llevar sangría, dejando dos tabulaciones al inicio de la primera línea.
5. Los subtítulos se escribirán en mayúscula y negrita, alineados a la izquierda.
6. Los nombres científicos válidos deben destacarse en negritas italizadas.
7. Los números decimales han de expresarse mediante comas y no puntos.
8. Las fotografías e imágenes (si se incluye alguna dentro del artículo) deben tener una resolución mínima de 3000 dpi.
9. En caso de que el texto exceda por su naturaleza la pauta, será decisión del Comité Editorial su aceptación.
10. El arbitraje será con especialistas en cada área; siendo su decisión inapelable. Cuando existan sugerencias por parte de los evaluadores para mejorar la calidad de los trabajos, éstos serán devueltos a sus autores para las respectivas correcciones, teniendo un plazo de dos semanas continuas para consignarlos nuevamente.
11. Todo Trabajo de Investigación debe llevar: Fecha de inicio y Fecha de Finalización.
12. Todo Investigador debe presentar su Identificador Digital Personal ORCID en su trabajo de Investigación y puede obtenerlo a través del enlace <https://orcid.org/register>.
13. Los textos deberán cumplir el siguiente orden y sugerencias básicas:

- a. **Título:** Preferiblemente que no exceda de 15 palabras, que denote los objetivos y el contenido del trabajo, debe ser escrito en dos idiomas: español e inglés.
- b. **Autores:** La identificación de los autores debe llevar nombre y apellido, seguido de los coautores, si fuera el caso. Deben aparecer después del título, indicando con una llamada (asterisco o número) la dirección institucional exacta de los autores, con la dirección postal y/o electrónica.
- c. **Resumen:** Debe incorporarse un resumen en español e inglés (abstract) de tipo informativo, donde se plantee el problema estudiado, la metodología utilizada y los principales resultados y conclusiones, con una extensión no mayor de 120 palabras, en un solo párrafo y a un solo espacio. Debajo de ambos resúmenes y en el idioma respectivo, se deben indicar entre tres y cinco palabras clave.
- d. **Introducción:** Es recomendable que contenga: Reseña histórica, problema, hipótesis (de existir), justificación, objetivos y teorías (de existir).
- e. **Materiales y métodos:** Se deberá indicar los materiales y equipos, procedimientos y/ o técnicas utilizadas para el logro de los objetivos propuestos.
- f. **Resultados y discusión:** Deberán ser claros y precisos, preferiblemente usando tablas, cuadros, gráficos y esquemas, las discusiones deberán facilitar la comprensión y asimilación de los resultados.
- g. **Conclusiones:** Deberán correspondencia con las expectativas planteadas en el desarrollo del trabajo.
- h. **Referencias bibliográficas:** en hojas separadas. Se recomienda seguir normas APA. La secuencia en los textos antes señalado, está sujeta a la naturaleza de la investigación, de tal forma que podrán existir excepciones que ameritan la incorporación de algún otro punto de interés, como por ejemplo, breve reseña histórica o antecedentes de la investigación.

La remisión de los manuscritos implica la cesión de los derechos de publicación, dentro del marco legal vigente al tal efecto. El Comité Editorial someterá a arbitraje los trabajos, los autores deberán ajustarse, dentro de límites razonables, a las sugerencias de los árbitros. La decisión final de publicaciones es del Comité Editorial, el cual también se reserva la realización de los cambios de forma, necesarios para publicar el trabajo en le revista.

Instrucciones para los evaluadores

Los artículos de la revista **Agricultura Andina**, son sometidos a evaluación de especialistas acreditados en las diferentes áreas de ámbito agropecuario. Por lo tanto, deben responder a un juicio externo que permita asegurar la pertinencia de cada trabajo.

Los evaluadores deben regirse por la planilla elaborada para realizar el arbitraje (planilla de evaluación de artículos) y por la “guía para autores”.

Se sugieren los siguientes pasos para evaluar los artículos:

1. Correspondencia del título con el contenido del artículo (punto 1 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
2. El área temática y la delimitación del tema del artículo debe corresponder estrictamente a la especialidad de la revista (punto 2 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
3. Metodología utilizada. El artículo debe cumplir con las instrucciones para los autores, tal como aparecen en la revista, de tal manera que el árbitro debe revisar si el artículo cumple con la normativa y la metodología previamente establecida por el Comité Editorial. (punto 3 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
4. Opinión sobre el resumen. Es importante que el resumen exprese claramente el contenido del artículo y que este se ajuste a la normativa establecida. (punto 4 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
5. Los resultados deben estar interpretados adecuadamente y deben corresponderse con la información existente (punto 5 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
6. Las conclusiones deben estar debidamente justificadas por los resultados (punto 6 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
7. El artículo debe tener aportes originales de importancia en el área (punto 7 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos).
8. Las Referencias Bibliográficas deben ser pertinentes al tema de estudio y adaptadas a las normas APA (punto 8 criterios para evaluar planilla de evaluación de artículos) Ej: Razz, R. y T. Clavero. 2006. Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. *Rev. Fac. Agron.*, LUZ 23 (3): 331-337.
9. Recomendaciones del árbitro evaluador. La decisión del árbitro debe estar bien argumentada, cuando considere a un artículo publicable, publicable con modificaciones o no publicable. Debe explicar claramente las observaciones y sugerencias que considere

oportunas para enviarlas al autor. (recomendaciones del árbitro planilla de evaluación de artículos).

10. Los evaluadores deberá emitir su opinión en un período máximo de treinta (30) días continuos.
11. El Comité Editorial informará oportunamente a los investigadores la fecha de aceptación de su artículo.

Comité Editorial
Revista Agricultura Andina

ÍNDICE ACUMULADO DE LA REVISTA AGRICULTURA ANDINA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

*Agricultura Andina Volumen 1, Año 1982	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
*Agricultura Andina Volúmenes 2 y 3, Años 1986 - 1988	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
*Agricultura Andina Volumen 4, Año 1989	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 5, Año 1990.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 6, Año 1991.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 7, Año 1992.	Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 8 Extraordinario Enero - Diciembre 2003.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 9 Extraordinario Enero – Diciembre 2004.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Enero - Diciembre 2005	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 11 Extraordinario Enero - Diciembre 2006.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 12 Enero - Junio 2007.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 13, Julio - Diciembre 2007.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
*Agricultura Andina Volumen 14, Enero - Junio, 2008.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

ÍNDICE ACUMULADO DE LA REVISTA AGRICULTURA ANDINA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

*Agricultura Andina Volumen 15, Julio - Diciembre 2008.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
*Agricultura Andina Volumen 16, Enero - Junio 2009.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 17, Julio - Diciembre 2009.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
*Agricultura Andina Volumen 18, Extraordinario 2010.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 19, Extraordinario 2011	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 20, Año 2014.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 21, Año 2015.	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 22, ESPECIAL, 2016 - 2018	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
* Agricultura Andina Volumen 23, Año 2023	IAAP Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

***ESTA VERSIÓN DIGITAL DE LA REVISTA AGRICULTURA ANDINA,
SE REALIZÓ CUMPLIENDO CON LOS CRITERIOS Y LINEAMIENTOS
ESTABLECIDOS PARA LA EDICIÓN ELECTRONICA EN EL AÑO 2024.
PUBLICADA EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL SABERULA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - VENEZUELA***

www.saberula.ve
info@saber.ula.ve

Tabla de Contenido

Artículos

- 5 - 17 Vásquez José, Peña Clifford, Jaimez, Ramón.
EFFECTO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE SOBRE LA ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), CULTIVADO EN INVERNADEROS.
- 18 - 27 Quintero Leobardo, Durán Mariano.
FAGOPYRUM ESCULENTUM; UNA SOLUCIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN LA AGRICULTURA DEL PÁRAMO MERIDEÑO.
- 28 - 42 Dugarte Simón.
LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VENEZOLANA COMO BASE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.
- 43 - 60 Méndez Fernando, Uzcátegui Jorge, Sulbarán Alí.
OPTIMIZACIÓN DE UN MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO PARA DETERMINAR PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SUELOS DE UN ESTRATO ALTITUDINAL DEL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA DEL ESTADO MÉRIDA.
- 61 - 81 Vielma José.
APTITUD FÍSICA DE TIERRAS PARA USO AGRÍCOLA Y PECUARIO. CASO DE ESTUDIO: SECTORES JAJÍ Y SANTO DOMINGO, PARROQUIA JAJÍ, MUNICIPIO CAMPO ELÍAS, ESTADO MÉRIDA.