

Artículo de Investigación**Evaluación de tres tipos de hormonas enraizantes en la propagación asexual de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) en el Centro Experimental de Cota Cota*****Evaluation of three types of rooting hormones in the asexual propagation of Sea Spinach (*Hippophae rhamnoides* Linn.) at the Cota Cota Experimental Center*****Autores:**

Victor Hugo Aquino Romero¹, Paulino Catari Quispe², Mario Adan Flores Davila³, Fanny Yolana Martinez Mamani⁴

¹Universidad Mayor de San Andres victoraquinoromero@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-8013-6357>

²Universidad Mayor de San Andres. paulinocatari@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1109-6362>

³Universidad Mayor de San Andres, marioflores87@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8896-301X>

⁴Universidad Mayor de San Andres, fannysunmi456@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-2131-3139>

Autor de Correspondencia: Victor H. Aquino Romero, victoraquinoromero@gmail.com

Reception:02-September-2025 **Acceptance:**29-October-2025 **Published:**02-January-2026

Como citar este artículo:

Aquino Romero, V. H., Catari Quispe, P., Flores Davila, M. A., & Martinez Mamani, F. Y. (2026). Evaluación de tres tipos de hormonas enraizantes en la propagación asexual de la Espina de Mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) en el Centro Experimental de Cota Cota. Sapiens International Multidisciplinary Journal, 3(1), 1-16.
<https://doi.org/10.71068/w8md8x84>

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “EVALUACION DE TRES TIPOS DE HORMONAS ENRRAIZANTES EN LA PROPAGACION AXESUAL DE LA ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides* Linn.)”, se llevó a cabo en la estación experimental de cota cota de la ciudad de La Paz, con la finalidad de obtener plantines propagados por esquejes y el tipo de sustrato adecuado con la interacción de las hormonas sintéticas, que permita propagar la especie con mayor eficiencia. Proponiendo seis tratamientos, dos tipos de sustrato, (turba + cascarilla de arroz al 2:1) y (turba + aserrín 2:1) y tres tipos de hormonas sintéticas, Roo Thor, Rapid Root y Parque. El resultado más alto se obtuvo con A2 turba + aserrín 2:1 de 5,33 número de raíces, pertenecientes al tratamiento T5 (A2*B2). En cuanto a la longitud de raíces se obtuvo un promedio de 10,53 cm. que respondió el tratamiento T6. En general en todos los tratamientos en cuanto a la acción de las hormonas sintéticas no hubo diferencias, por tanto no se recomienda el uso de las hormonas por mismo costo. Los costos de producción determinaron que para los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, y T6, cada planta cuesta producir a Bs. 0,48; 0,68; 0,55; 0,35; 0,35; 0,39. Obteniendo un B/C 1.30 por tratamiento aceptable mayor a la unidad. Donde el tratamiento T4, T5 muestra menor costo de producción. El experimento fue evaluado en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial con dos factores y 3 repeticiones, con los cuales se obtuvo 18 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: días a la brotación, número de brotes, número de esquejes prendidos, número de hojas, longitud de la raíz, altura del brote principal, número de raíz por esqueje.l.

Palabras clave: Calidad del suelo, hormonas erraizantes, fijador de nitrógeno.

ABSTRACT

The research project entitled “EVALUATION OF THREE TYPES OF ROOTING HORMONES IN THE AXIAL PROPAGATION OF SEA BONE (*Hippophae rhamnoides* Linn.)” was carried out at the Cota Cota experimental station in the city of La Paz, Bolivia. The aim was to obtain seedlings propagated by cuttings and to determine the appropriate substrate type, in conjunction with synthetic hormones, to propagate the species more efficiently. Six treatments were proposed, along with two substrate types (peat + rice hulls 2:1) and (peat + sawdust 2:1), and three synthetic hormones: Roo Thor, Rapid Root, and Parque. The highest number of roots was obtained with treatment T5 (A2*B2), which yielded 5.33 roots. The average root length, 10.53 cm, was obtained with treatment T6. In general, no differences were found in the effects of synthetic hormones across all treatments; therefore, their use is not recommended due to the cost. Production costs determined that for treatments T1, T2, T3, T4, T5, and T6, each plant cost Bs. 0.48, 0.68, 0.55, 0.35, 0.35, and 0.39 to produce. This resulted in a benefit-cost ratio (B/C) of 1.30 per treatment, which is acceptable and greater than one. Treatments T4 and T5 showed the lowest production costs. The experiment was evaluated using a randomized block design with a factorial arrangement of two factors and three replicates, resulting in 18 experimental units. The variables evaluated were: days to sprouting, number of sprouts, number of rooted cuttings, number of leaves, root length, height of the main shoot, and number of roots per cutting.

Keywords: Soil quality, rooting hormones, nitrogen fixation.

1.INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se estima que la tasa de deforestación alcanza a 17 millones de hectáreas, por lo que se considera que en el último siglo se destruyó el 50 por ciento de los bosques del mundo, siendo estos causados por el hombre sin contar los daños ocasionados por la naturaleza. Bolivia ha dedicado poca atención al manejo y conservación de sus recursos naturales, donde se explota un bien al máximo hasta dejarlo sin posibilidades de recuperación, existiendo poco apoyo gubernamental en el manejo y conservación de suelos, y que la erosión de los suelos en nuestro país actualmente llega a 41.05 por ciento de superficie, y que progresivamente va en aumento (B.I. 2000).

La espina de mar” pertenece al género *Hippophae*, familia *Elaeagnaceae*, está compuesta por varias especies y subespecies distribuidas extensamente en las zonas templadas de Asia y Europa, estas especies se caracterizan por presentar plantas dioicas, es decir, existen plantas macho y plantas hembra, por lo que es importante la presencia de ambas para la fructificación (Lian, Y. 1988 y Rousi, A. 1971).

Las especies de *Hippophae* presentan alta capacidad de adaptarse a condiciones adversas medioambientales de clima y suelo. Pueden crecer satisfactoriamente desde pocos metros hasta los 5200 m.s.n.m.; igualmente, pueden resistir temperaturas bajas hasta los - 30 °C bajo cero y soportar altas temperaturas hasta de 40 °C. Algunas especies pueden crecer con solamente 300 mm de precipitación pluvial, otras pueden soportar inundaciones y otras pueden crecer bien en suelos salinos (Rongsen, 1992).

La espina de mar es una planta promisoría que existe en la madre naturaleza, proporcionando bastantes beneficios ecológicos, contribuyendo así al mejoramiento del medio ambiente, a la cobertura y conservación de suelos, y además se les puede proporcionar como forraje verde a los ganados de esta manera evitar la pérdida de la producción ganadera en épocas de sequía. Es posible generar nuevos ingresos con la industrialización de los frutos (Kong, 1994).

La espina de mar es una especie importante, porque se puede establecer en zonas totalmente marginales y degradadas así mismo mejora las condiciones medio ambientales a través de la conservación de suelos fijando nitrógeno al suelo. El altiplano de La Paz se caracteriza por tener climas diferentes, poco favorables para el desarrollo agrícola y pecuario, debido a factores producidos por la naturaleza y el hombre los cuales son: erosión eólica y erosión hídrica, elevada evapotranspiración, déficit hídrico, precipitaciones escasas, temperaturas extremas, sobre explotación de cultivos, sobre pastoreo y la falta de una cultura de conservación y manejo de suelos (Bonifacio, A., & Cayoja, M. 2001).

En su medio natural, las plantas de espina de mar se encuentran sobre pendientes, con suelos bien drenados y sedimentados así como en las orillas de los ríos, lagos y orillas de mar (Kong, 1994).

Respecto al manejo y cultivo de la espina de mar (M.A.C.A. y CO.TE.CH., 2004). Menciona

lo siguen- te: La República Popular de China en el año 1996 envió expertos en este cultivo a Bolivia con el pro- pósito de realizar estudios, para la recuperación de suelos erosionados en los departamentos de La Paz, Potosí y Tarija. Durante la visita realizada a las regiones ya mencionados los técnicos evidenciaron que existen diversos tipos de erosión tales como hídricas y eólicas así mismo como los insumos te- rritorios no cultivables en los valles de Tarija y las franjas andinas de La Paz y Potosí. Evidenciando de esta manera que estos territorios no proporcionan ningún beneficio a las comunidades indígenas de los departamentos ya mencionados.

Establecer plantaciones de Espina de Mar en zonas erosionadas de La Paz, Potosí y Tarija para consti- tuir centros de reproducción y difusión (Chilon, E. 1997).

Implementar viveros y multiplicar Espina de Mar, los mismos se convertirán en centros de capacita- ción y demostración sobre las técnicas de repro- ducción de plantas y manejo adecuado de estas unidades de trabajo (Castellón, J. 2004).

El presente trabajo busca alternativas para reproducir plantines de espina de mar, por ello se propuso trabajar en la investigación mediante propagación vegetativa o por vía asexual, a través de estacas de la espina de mar en diferentes sustratos, siendo la más recomendable y accesible en nuestro contexto.

2.MATERIALES Y METODO

Localización

La estación experimental de Cota Cota, se encuentra en el departamento de La Paz, zona Cota Cota, en predios del campus de la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.), en el área que corresponde a la facultad de agronomía; está ubicado al sudeste de la ciudad de La Paz (Poblete, C. 2007)

Las condiciones agro climatológicas que presentan son cabecera de valle, los veranos son calurosos con tem- peraturas que alcanzan a 21°C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta -5 °C, con una precipi- tación media de 400mm. (SENAMHI, 2025).

Materiales

Material para sustrato

- Dos carretillas de turba y una carretilla de aserrín.
- Dos carretillas de turba y una carretilla de chala de arroz.
- Agua a 100 °C para la desinfección del sustrato.

Material vegetativo en estudio

- Esquejes de la variedad de Hippophae ramnoides Linn. ssp. Sinensis rousi donde se utilizó 144 esquejes para la propagación de esta especie.
- Insecticida lorsban Plus* (i.a. clorpirifos 50%, cipermetrina 5%, ingrediente inerte 100%) en una dosis de 5cc/20 l de agua.

-Fungicida Ridomil 80g/20 l de agua.

Material para enraizar

-Parque (ácido alfa naftalen acético 0,3 gr., inerte c.s.p. 100,0 gr.).

-Rapid Rood (ácido indol butírico 0,3%, inertes 99,7%).

-Root Hor(ácido alfa-naftalenacético 0,4%, ácido indol butírico 0,1%, ácido nucleicos 0,1%, sulfatos de zinc 0,4%, solución nutritiva 94,4%).

Metodología

Preparación de la zona de experimentación

Se procedió al desmalezado, del área en estudio para empezar con la preparación de la cámara de propagación. Luego se realizó la medición de las dimensiones de la cámara de propagación donde se plantó los esquejes de la Espina de Mar (*Hippophae ramnoides* Linn. ssp. *Sinensis rousi*).

Preparación de la cámara de propagación

La cámara de propagación de la espina de mar se construyó de madera, para este fin se requería 18 pequeños cajones; las dimensiones: 25cm. de largo, 50cm. de ancho y 30cm. de altura.

Se construyó una cámara de propagación de 18 unidades experimentales con una dimensión total de 225 cm. de largo y 100 cm. de ancho y por la parte inferior se cubrió con agrofílm agujereado, dentro de esta se dividió en 3 repeticiones con 6 unidades experimentales las tres repeticiones.

Preparación del sustrato y desinfección

Segun Fossati, G., & Olivera, T. (2001) y Salazar, R. (2006): El sustrato se preparó, utilizando la relación turba + cascarilla de arroz (2 Turba: 1 cascarilla de arroz) y turba + aserrín (2 Turba: 1 Aserrín). La des- infección del sustrato se realizó con agua hervida en punto de ebullición (100 °C), con una anticipación de dos días antes del plantado de los esquejes, se utilizó un volumen de 50 L de agua y fue roseado sobre el sustrato homogéneamente, luego se procedió a cubrir con un plástico transparente para que haga la desinfección por la temperatura del agua hervida al sustrato.



Figura 1. Sustrato de a1 (turba + cascarilla de arroz 2:1)



Figura 2. Sustrato de a2 (turba + aserrín 2:1)

Preparación del material vegetal y desinfección

Una vez identificado las plantas madres a propagar según sus características fisiológicas, fenológicas y estado sanitario se procedió a la obtención de esquejes, la recolección de los estacas se realizó en horas de la mañana y han sido colocados en un recipiente o balde con agua, esto con el fin de que no sufra un estrés fisiológico brusco.

Los esquejes recolectados para la respectiva propagación tenían las siguientes características 10 – 15 cm de longitud, con 5 – 6 yemas axilares (grosor de 5mm) realizando con un corte horizontal debajo del nudo, de manera que el tamaño de la herida sea pequeño y sane más rápido, se quitó toda las hojas dejando solamente las yemas axilares.

Una vez obtenido los esquejes se procedió a la desinfección con insecticida lorsban Plus* en una dosis de 5 cc /20 L de agua, y fungicida Redomil 80 g /20 L de agua, posteriormente se introdujo los esquejes durante un tiempo de 15 a 10 segundos.

Plantado de esquejes

Una vez ya desinfectado las estacas se procede la colocación de las hormonas sintéticas según las indicaciones de cada producto, ya con las hormonas se realizó la apertura de hoyos en el sustrato a una profundidad de 2 a 3 cm, seguidamente se hace el plantado de los esquejes con una inclinación de 45° desde la base, con espaciamento entre los esquejes de 8X8 cm (Zapata, E. 1996).



Figura 3. Plantado de esquejes de Espina de Mar

Fase del vivero

En esta fase la Espina de Mar permaneció por un tiempo de 140 días hasta que la especie haya

logrado su adaptabilidad, con una altura adecuada para ser el repique en bolsas y luego ser trasplantados en un campo definitivo.

Diseño experimental

En esta investigación se efectuó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial con dos factores y tres repeticiones, esto para dividir o analizar los factores en orden de importancia y por lo reducido de la superficie experimental, que permitieron un manejo adecuado de los materiales que se utilizaron en el experimento (Calzada, 1970).

Factor A	Tipos de Sustrato		
a1	Turba + cascarilla de arroz (2:1)		a2 Turba + aserrín (2:1)
Factor B	Tipos de Hormonas Sintéticas		
b1	Root Hor (5ml en 1 L de agua)		
b2	Rapid Root (50 gr para 450 esquejes)		
b3	Parque (30 gr para 400 esquejes)		

Tratamientos

T1= (a1, b1) T2= (a1, b2) T3= (a1, b3) T4= (a2, b1) T5= (a2, b2) T6= (a2, b3)

Croquis del experimento

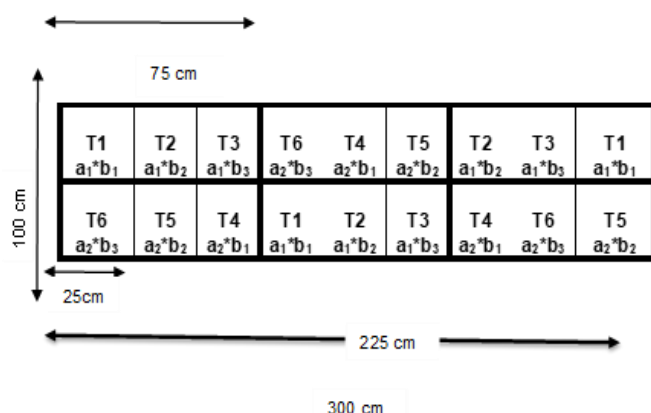


Figura 4. Croquis de la investigación

Variables de respuesta

Para observar la influencia del sustrato y los tipos de hormonas sintéticas se tomaron en cuenta los siguientes variables de respuesta (Marca, G. 2001).

Días a la brotación

Se tomaron datos una vez por semana, desde la plantación hasta el momento de la emisión de los primeros brotes de sus yemas de todos los tratamientos.

Número de brotes

Este dato se obtuvo mediante el conteo de brotes de los esquejes seleccionados de cada

tratamiento, una vez finalizado el experimento solo de los que sobreviven.

Número de esquejes prendidos

Para la obtención del número de esquejes prendidos o esquejes viables espina de mar, se observó el número de esquejes prendidos por tratamiento (emisión de la raíz) al final del experimento y expresados en número a los 140 días.

Número de hojas

De los esquejes ya seleccionado para la evaluación, se realizó el conteo de la cantidad de hojas por esqueje, al finalizar el experimento a los 140 días.

Longitud de la raíz

Este dato se registró al finalizar el experimento a los 140 días, se extrajo con mucho cuidado un esqueje enraizado y luego se hizo remojar en agua para poder ver que longitud tenía la raíz a los 140 días, con una regla graduado en cm.

Número de raíz

El número de raíces, se registró al finalizar el experimento a los 140 días, se contabilizó de los diferentes tratamientos de la investigación.

Altura del brote principal

La altura del brote principal se midió en diferentes momentos de crecimiento de cada tratamiento, los datos tomados fueron a los 20, 50, 80, 110 y 140 días.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a la brotación

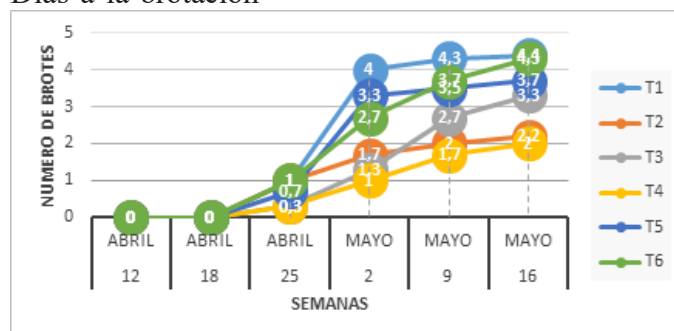


Figura 5. Curva de número de brotes por semana

En la figura 4 se puede observar la curva de número de brotes en promedio de los tratamientos hasta quinta semana. Dando a conocer según el gráfico el tratamiento (T1, T6) con un número de brotes de 4,4 y 4,3 respectivamente, $T1 = a1 * b1$ (turba + cascarilla de arroz * Root Hor), $T6 = a2 * b3$ (turba + aserrín * Parque), donde el tratamiento T1 fue mejor que el resto en el número de brotes.

Las observaciones de número de brotes por tratamiento se detallan en el cuadro 5, se observó el número de brotes de los esquejes de la espina de mar, dando inicio a partir de la segunda semana (25 de Abril) es decir a los 14 días después del plantado de esquejes hasta quinta semana (16 de mayo) día 35. En la quinta semana se observaron el promedio de número de brotes totales de los tratamientos, en esta semana ya no se vieron más rebrotes.

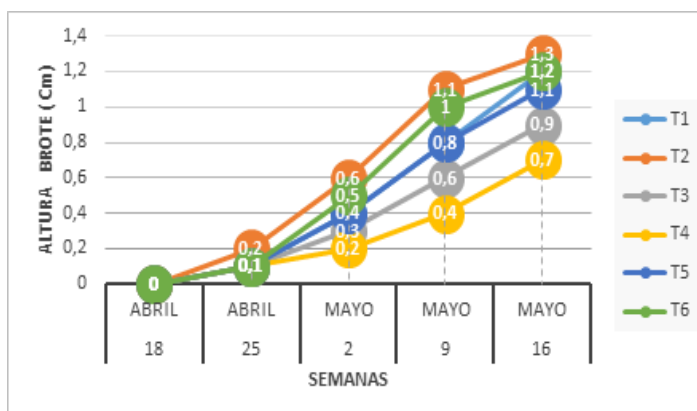


Figura 6. Curva de longitud de brotes por semana

En la figura 6 se observa la curva de longitud de brotes en promedio de los tratamientos hasta la quinta semana. Dando a conocer según el gráfico el tratamiento (T2), es el que sobresale con una longitud en promedio de 1,3 cm, el T2 = A1*B2 (turba + cascarilla de arroz * Rapid Root).

Las observaciones de días a la brotación se muestran, los brotes de los esquejes de la espina de mar tienen su inicio a partir de la segunda semana (25 de Abril) cabe decir a los 14 días después del plantado de esquejes hasta quinta semana (16 de mayo) día 35. Se pudo observar que en la primera semana no brotaron los esquejes, a partir de la segunda semana se vieron los rebrotes de los esquejes, y con una longitud en promedio de brotes que se detallan en la figura 6.

Número de brotes por esquejes

Cuadro 1. Análisis de varianza de número de brotes por esqueje

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Bloque	0,67	2	0,33	4,79	0,0348	*
Sustrato	0,43	1	0,43	6,15	0,0326	*
Hormonas	0,11	2	0,06	0,79	0,4784	ns
Sustrato*Hormonas	0,1	2	0,05	0,68	0,5279	ns
Error	0,7	10	0,07			
Total	2,01	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo cv = 17,74%

Como se observa en el cuadro 1, el resultado entre los bloques fue significativo (*), con relación al número de brotes obtenidos al final de la investigación, por lo que indica que el comportamiento no fue homogéneo y el diseño es más preciso.

En cuanto a los sustratos (factor A), el resultado del análisis de varianza es significativo (*), esto indica que existen diferencias entre los tipos de sustratos que se aplicaron en el experimento a1 (Turba + cascarilla de arroz 2:1), a2 (Turba + aserrín 2:1) para la obtención de brotes por esqueje.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B) aplicados en la investigación el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas (ns) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque), para la obtención de brotes.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato * hormonas), en el análisis de varianza, indica que no hay diferencia significativa (ns), que la acción conjunta entre tipo de sustrato y tipo de hormonas sintéticas (factor A * factor B) aplicados en la investigación, no muestra diferencias en la obtención de número de brotes por esqueje.

El coeficiente de variación es de CV=17,74%, determina el manejo de la investigación dentro del rango de aceptación

El resultado entre los bloques fue no significativo (ns), con relación al número de esquejes prendidos, obtenidos al final de la investigación, por lo que nos indica que el diseño pierde precisión.

En cuanto a los sustratos (factor A), el resultado del análisis de varianza es altamente significativa (**), esto indica que los dos tipos sustratos utilizados permiten obtener diferentes números de esquejes prendidos entre los sustratos que se aplicaron en el experimento a1 (turba + cascarilla de arroz 2:1), a2 (turba + aserrín 2:1) para obtener los esquejes prendidos.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B), en el análisis de varianza nos indica que no existen diferencias significativas (ns) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque) para la obtención de número de esquejes prendidos.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato* tipo de hormonas), en el análisis de varianza, indica que no hay diferencias significativas (ns), entonces que la acción conjunta factor A y factor B (tipo de sustrato* tipo de hormonas sintéticas), no muestra diferencias en la obtención de número esquejes prendidos a los 140 días.

El coeficiente de variación es de CV=18,89%, determina el manejo de la investigación dentro del

rango de aceptación de la confiabilidad de los datos obtenidos durante el experimento.

Número de esquejes prendidos

Cuadro 2. Análisis de varianza de número de esquejes prendidos a los 140 días.

F.V.	SC	GL	CM	F	P- VALOR	SIG.
Bloque	0,33	2	0,17	0,2	0,8219	ns
Sustrato	20,06	1	20,06	24,07	0,0006	**
Hormonas	4,33	2	2,17	2,6	0,1232	ns
Sustrato*Hormonas	3,44	2	1,72	2,07	0,1773	ns
Error	8,33	10	0,83			
Total	36,5	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo

cv =18,89%

Número de hojas

Cuadro 3. Análisis de varianza de número de hojas

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Bloque	64,33	2	32,17	0,81	0,4736	ns
Sustrato	249,39	1	249,39	6,25	0,0314	*
Hormonas	136,33	2	68,17	1,71	0,23	ns
Sustrato*Hormonas	127,44	2	63,72	1,6	0,2501	ns
Error	399	10	39,9			
Total	976,5	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo

cv =21,66%

El resultado entre los bloques fue no significativo (ns), con relación al número de hojas, obtenidos al final de la investigación, por lo que nos indica que el diseño En cuanto a los sustratos (factor A), el resultado del análisis de varianza es significativa (*), esto indica que los dos tipos sustratos utilizados permiten obtener diferentes números de hojas entre los sustratos que se aplicaron en la investigación a1 (turba + cascarilla de arroz 2:1), a2 (turba + aserrín 2:1) para obtener el número de hojas.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B), el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas (ns) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque) para la obtención de número de hojas.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato*tipo de hormonas), el análisis de varianza, indica que no hay diferencias significativas (ns), entonces la acción conjunta factor A y factor B (tipo de sustrato* tipo de hormonas sintéticas), no muestra diferencias en la obtención de número de hojas.

El coeficiente de variación es de CV=21,66%, determina el manejo de la investigación dentro del rango de aceptación de la confiabilidad de los datos obtenidos durante el experimento.

Longitud de la raíz

Cuadro 4. Análisis de varianza de longitud de la raíz

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Bloque	0,07	2	0,03	0,09	0,9146	ns
Sustrato	3,00E-03	1	3,00E-03	0,01	0,9315	ns
Hormonas	2,6	2	1,3	3,37	0,0761	ns
Sustrato*Hormonas	0,6	2	0,3	0,77	0,4875	ns
Error	3,86	10	0,39			
Total	7,13	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo cv =22,47%

El resultado entre los bloques fue no significativo (ns), con relación a la longitud de la raíz, obtenidos al final de la investigación, por lo que nos indica que el diseño pierde precisión.

En los tipos de sustratos (factor A), el resultado del análisis de varianza es no significativa (ns), esto indica que los dos tipos sustratos utilizados al 1 (turba + cas- carilla de arroz 2:1) y a2 (turba + aserrín 2:1) no hubo diferencia en la obtención de la longitud de la raíz, la aplicación de los sustratos (a1, a2) en la investigación no muestra diferencia para obtener longitud de la raíz en cm.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B), el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas (ns) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque) para la obtención de la longitud de raíz.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato*tipo de hormonas), el análisis de varianza, indica que no hay diferencias significativas (ns), entonces la acción conjunta factor A y factor B (tipo de sustrato* tipo de hormonas sintéticas), no muestra diferencias en la obtención de la longitud de las raíces.

El coeficiente de variación es de CV=22,47 %, determina el manejo de la investigación dentro del rango de aceptación de la confiabilidad de los datos obtenidos durante el experimento.

Número de raíz

Cuadro 5. Análisis de varianza de número de raíz

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Bloque	0,16	2	0,08	0,68	0,529	ns
Sustrato	1,34	1	1,34	11,25	0,0073	**
Hormonas	1,09	2	0,55	4,57	0,0389	*
Sustrato*Hormonas	0,2	2	0,1	0,86	0,4538	ns
Error	1,19	10	0,12			
Total	3,99	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo cv =22,61%

El resultado entre los bloques fue no significativo (ns), con relación al número de raíces, obtenidos al final de la investigación, por lo que nos indica que el diseño pierde precisión.

En cuanto a los tipos de sustratos (factor A), el análisis de varianza es altamente significativa (**), indica que los dos tipos sustratos utilizados presentan diferencias en la obtención del número de raíces, la aplicación de los sustratos a1 (turba + cascarilla de arroz 2:1), a2 (turba + aserrín 2:1) en la investigación muestra altamente significativas en la obtención de número de raíces.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B), el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas (*) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque) para la obtención de número de raíces.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato*tipo de hormonas), el análisis de varianza, indica que no hay diferencias significativas (ns), entonces la acción conjunta factor A y factor B (tipo de sustrato* tipo de hormonas sintéticas), no muestra diferencias en la obtención del número de raíces.

El coeficiente de variación es de $CV=22,61\%$, determina el manejo de la investigación dentro del rango de aceptación de la confiabilidad de los datos obtenidos durante el experimento.

Altura del brote principal

Cuadro 6. Análisis de varianza de altura del brote principal a los 140 días

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Bloque	0,95	2	0,48	1,57	0,256	ns
Sustrato	0,43	1	0,43	1,42	0,2606	ns
Hormonas	2	2	1	3,28	0,0801	ns
Sustrato*Hormonas	0,23	2	0,12	0,38	0,6938	ns
Error	3,05	10	0,3			
Total	6,67	17				

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo $cv=15,16\%$

El resultado entre los bloques fue no significativo (ns), con relación a la altura del brote principal, obtenidos al final de la investigación, por lo que nos indica que el diseño pierde precisión.

En cuanto a los tipos de sustratos (factor A), el análisis de varianza es no significativa (ns), esto indica que los dos tipos sustratos utilizados no hubo diferencia en la obtención de la altura del brote principal, la aplicación de los sustratos a1 (turba + cascarilla de arroz 2:1), a2 (turba + aserrín 2:1) en la investigación no muestra diferencia para obtener la altura del brote principal.

El resultado de las hormonas sintéticas (factor B), el análisis de varianza indica que no existen

diferencias significativas (ns) entre las hormonas sintéticas aplicadas en el experimento b1 (Root Hor), b2 (Rapid Root), b3 (Parque) para la obtención de la altura del brote principal.

El resultado de la interacción de los dos factores (sustrato * tipo de hormonas), el análisis de varianza, indica que no hay diferencias significativas (ns), entonces que la acción conjunta factor A y factor B (tipo de sustrato * tipo de hormonas sintéticas), no muestra diferencias en la obtención de la altura del brote principal.

El coeficiente de variación es de $CV=15,16\%$, determina el manejo de la investigación dentro del rango de aceptación de la confiabilidad de los datos obtenidos durante el experimento.

4.CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en cuanto a los días de brotación de los esquejes de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) se pudo observar en cuanto al número de brotes a los 14 días en promedio 1 brote por esqueje con una longitud de 0.2 cm, y a la semana 5 se obtuvo una longitud de 1,3 cm en promedio perteneciente al T2 (turba + cascarilla de arroz 2:1 * Rapid Root), en cuanto al número de brotes el tratamiento T1 (turba + cascarilla de arroz 2:1 * Root Hor), con un número de 4,4 brotes en promedio.

En cuanto a la variable de número de brotes por esquejes de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) a los 140 días, en promedio, el T4, T5 son los que obtuvieron 3 brotes por esqueje, (turba + aserrín 2:1 * Root Hor), (turba + aserrín 2:1 * Rapid Root), respectivamente.

En la determinación de los esquejes prendidos a los 140 días de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.), se obtuvo un promedio de 7 esquejes prendidos de 8 esquejes plantados pertenecientes al tratamiento T2, (turba + cascarilla de arroz 2:1 * Rapid Root), se determinó que hay una diferencia altamente significativa entre tipos de sustrato.

En cuanto al variable número de hojas a los 140 días de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.), se obtuvieron un promedio de 36 hojas por esqueje prendido pertenecientes al tratamiento T5 (turba + aserrín 2:1 * Rapid Root), se muestra que si existe una diferencia significativa entre tipos de sustrato.

Respecto a la variable de la longitud de raíz de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.), se establecieron que estadísticamente no hay diferencia entre sus factores en estudio, pero el tratamiento T6 (turba + aserrín 2:1 * Parque), obtuvo un promedio de 10,53cm de longitud de raíz.

Los resultados obtenidos con respecto a la variable del número de raíces del espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) propagado, nos muestran en promedio de 5,33 raíces por esqueje prendido que pertenece al tratamiento T5 (turba + aserrín * Rapid Root).

En cuanto a los tipos sustratos (factor A) con respecto a la variable del número de raíces del espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.), los sustratos aplicados dio como resultado altamente significativo (**), esta- dísticamente el sustrato A2 (turba + aserrín 2:1) 3,44 número de raíces y el sustrato A1 (turba + cascarilla de arroz 2:1) 1.67 cm de número de raíces.

En cuanto a las hormonas sintéticas (factor B) con respecto a la variable del número de raíces del espi- na de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.), los tipos de hormonas sintéticas obtuvieron una diferencia signi- ficativa (*), estadísticamente la hormona Rapid Root obtiene 3,5 número de raíces con respecto a las otras hormonas sintéticas.

Con respecto a la variable de la altura del brote prin- cipal, se pudo observar el incremento de crecimiento de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn.) con respecto al tiempo, inicio de crecimiento a los 20 días 0,63 cm en promedio perteneciente al tratamiento T2 (turba + cascarilla de arroz 2:1 * Rapid Root), y a los 50 días es casi uniforme el crecimiento de 3,60 cm en los tratamientos, T1(turba + cascarilla de arroz 2:1 * Root Hor), T2(turba + cascarilla de arroz 2:1 * Rapid Root), T5 (turba + aserrín 2:1 * Rapid Root), se observó que a los 80 días el tratamiento T1 (turba + cascarilla de arroz 2:1 * Roo Thor) alcanza 7,70cm a los 110 días sigue llevando con una mínima diferencia el T1, a los 140 días se obtuvo 18 cm de altura del brote principal en promedio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán. (2002). Comportamiento y manejo a nivel de viveros de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) a partir de 200 esquejes en Potosí (118 p.).
- Bonifacio, A., & Cayoja, M. (2001). Tratamiento de semillas y multiplicación de la espina de mar (*Hippo- phae rhamnoides* L.) con fines de introducción en Bolivia. Instituto Benson, La Paz, Bolivia.
- Boletín informativo. (2000). Utilización y beneficios de la espina de mar (Sea buckthorn).
- Calzada, B. (1970). Métodos estadísticos para la investigación (3.^a ed.). Editorial Jurídica S.A., Lima, Perú.
- Castellón, J. (2004). Comportamiento de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) en cuatro tipos de sustratos en Chulumani, Sud Yungas [Tesis de licenciatura, Escuela Militar de Ingeniería]. La Paz, Bolivia.
- Chilon, E. (1997). Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT, La Paz, Bolivia.
- Fossati, G., & Olivera, T. (2001). Sustratos en viveros forestales. Prefectura–Intercooperación–COTESU, Co- chabamba, Bolivia.
- Hu, J. (1995). Discussion of establishment and utiliza- tion of sea buckthorn fuel wood forest on the Loess Plateau. *Hippophae*, China.

- Kong, Q. (1994). Notable economic benefit of artificial sea buckthorn forest in Jianping County. Hippophae, China.
- Lian, Y. (1988). New discoveries of the genus Hippophae L. (Elaeagnaceae). Acta Phytotaxonomica Sinica.
- Lu, R. (1992). Seabuckthorn: A multipurpose plant species for fragile mountains (p. 2–26). ICIMOD Publication Unit, Kathmandu, Nepal.
- Marca, G. (2001). Germinación y crecimiento en vivero de dos especies forestales en diferentes sustratos en la región de San Buenaventura [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia.
- Poblete, C. (2007). Comparación de la germinación de semillas de espina de mar (Hippophae rhamnoides L.) con y sin tratamiento pre-germinativo en tres tipos de sustratos en Caquiaviri [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. La Paz, Bolivia.
- Rousi, A. (1971). The genus Hippophae: A taxonomy study. Annales Botanici Fennici.
- Salazar, R. (2006). Producción de plántulas de espina de mar (Hippophae rhamnoides L.) bajo cuatro tipos de sustratos en la zona de Chulumani [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Simón]. Cochabamba, Bolivia.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2025). Registros meteorológicos e hidrológicos. Bolivia.
- Zapata, E. (1996). Espina de mar: Planta del próximo milenio para el Altiplano boliviano.

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.