

## LA PRODUCCIÓN DE AVENA (*Avena sativa*) EN GRANO: UN INTEGRADOR AGROECOLÓGICO EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR

### The production of oats (*Avena sativa*) in grain: an agroecological integrator in family production systems

René Terán Céspedes<sup>1</sup>, Anel Adriana Claire Herrera<sup>2</sup>, Rossina Alba Maydana<sup>3</sup>

#### RESUMEN

La producción de avena por su versatilidad y cualidades nutricionales está ampliamente extendida en países vecinos como Argentina y Chile no sólo por su importancia para la alimentación humana sino también animal, destacando su uso con este doble propósito. En este marco, la producción de avena en Bolivia, en el ámbito de la agricultura familiar puede constituirse en una oportunidad no sólo de generación de ingresos sino también de adaptación al cambio climático al comportarse como integrador agroecológico. En este contexto se muestran resultados referidos a: i) el comportamiento productivo de cinco ecotipos de avena en grano en el que destaca el rendimiento del ecotipo Gamma con 2 284 kg ha<sup>-1</sup> y Ajpaya con 1 327.16 kg ha<sup>-1</sup>, ii) descripción morfológica en el marco de la normativa nacional e internacional vigentes de dos ecotipos: Gamma y Alta Bruma que cumplieron los requisitos y podrán proseguir con los procedimientos para la certificación de semillas; iii) ensayos comparativos de cultivo de avena en sistema tradicional y en sistema de cultivo biointensivo que demostraron la resiliencia del sistema biointensivo, además de mostrar la posibilidad de un doble propósito en la producción de grano y de forraje como es el caso del ecotipo Qantati que alcanzó un rendimiento en materia seca de 11 278 kg ha<sup>-1</sup>. Todos estos resultados orientan a motivar el aprovechamiento de este cultivo por parte de la agricultura familiar fundamentalmente de las regiones de Valles Interandinos (Ayllu Huayanca, municipio de Mocomoco) y del Altiplano Norte de La Paz (comunidad Puchuni, municipio de Laja) donde se han realizado las investigaciones.

**Palabras clave:** avena, agroecología, cambio climático, semillas, agricultura familiar.

#### ABSTRACT

Due to its versatility and nutritional qualities, oat production is widely extended in neighboring countries such as Argentina and Chile, not only because of its importance for human and animal nutrition, highlighting its use for this dual purpose. In this framework, the production of oats in Bolivia, in the field of family farming, can become an opportunity not only to generate income but also to adapt to climate change by behaving as an agroecological integrator. In this context, results referring to: i) the productive behavior of five ecotypes of grain oats are shown, in which the performance of the Gamma ecotype stands out with 2 284 kg ha<sup>-1</sup> and Ajpaya with 1 327.16 kg ha<sup>-1</sup>, ii) morphological description in the framework of the current national and international regulations of two ecotypes: Gamma and Alta Bruma that met the requirements and may continue with the procedures for seed certification; iii) comparative trials of oat cultivation in the traditional system and in the biointensive cultivation system that demonstrated the resilience of the biointensive system, in addition to showing the possibility of a double purpose in grain and forage production, as is the case of the Qantati ecotype that it reached a dry matter yield of 11 278 kg ha<sup>-1</sup>. All these results guide to motivate the use of this crop by family farmers, mainly in the regions of Valles Interandinos (Ayllu Huayanca, municipality of Mocomoco) and the Northern Highlands of La Paz (Puchuni Community, municipality of Laja) where they have been carried out the investigations.

**Keywords:** oats, agroecology, climate change, seeds, family farming.

<sup>1</sup> ✉Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2757-523X>. [rteran@umsa.bo](mailto:rteran@umsa.bo)

<sup>2</sup> Investigadora, ONG Grupo de Asesoramiento Multidisciplinario en Medio Ambiente y Agroecología, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3572-903X>. [nneluxy@gmail.com](mailto:nneluxy@gmail.com)

<sup>3</sup> Responsable proyectos e investigación, ONG Grupo de Asesoramiento Multidisciplinario en Medio Ambiente y Agroecología, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3979-8324>. [rossinabeatriz@yahoo.com](mailto:rossinabeatriz@yahoo.com)

## INTRODUCCIÓN

Debido a su alto contenido en minerales, fibra y carbohidratos, la avena se usa ampliamente como complemento alimenticio, pudiendo ser cultivada y aprovechada como forraje y como grano. La avena (*Avena sativa*) ocupa el sexto lugar en la producción mundial de cereales, después del trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y sorgo (*Sorghum bicolor*).

De acuerdo con la información que provee el Instituto Nacional de Estadística (INE, s.f.) en Bolivia la producción de avena en grano entre las campañas agrícolas de verano de 2012-2013 y 2020-2021 alcanza a un 0.85 % (216 510 t) del total de producción de cereales (25 398 179 t). La producción de avena forrajera alcanza a un 2.1 % (91 706 t) del total los forrajes producidos (4 365 556 t). La superficie destinada a la producción de avena en grano alcanza a 1.1 % (136 844 ha) del total de la superficie destinada a cereales (11 970 377 ha) y a un 3.5 % (37 298 ha) del total de la superficie destinada a forrajes (1 064 603 ha).

Los datos de variación entre las campañas agrícolas de 2012-2013 y 2020-2021 muestran que la producción de avena en grano ha disminuido de 23 709 a 23 395 t (-1.33 %), mientras que la avena forrajera ha incrementado la superficie de 2 890 a 4 393 ha (52 %) y la producción de 6 810 a 10 872 t en (60 %). La variación del rendimiento entre las campañas agrícolas indicadas, medido en  $\text{kg ha}^{-1}$ , ha variado de 1 538  $\text{kg ha}^{-1}$  a 1 544  $\text{kg ha}^{-1}$  para avena en grano (0.33 %) y de 2 356  $\text{kg ha}^{-1}$  a 2 475  $\text{kg ha}^{-1}$  (5%) en avena forrajera.

En este marco y considerando la escasa información que existe sobre avena en grano, el artículo reúne un conjunto de investigaciones desarrolladas sobre este tema en diferentes campañas agrícolas y presenta los resultados sistematizados de los siguientes objetivos de investigación: a) analizar el comportamiento agronómico de cinco ecotipos de avena en grano, dentro del marco normativo de la producción de semilla; b) comparar los resultados de la implementación de sistemas biointensivos y tradicionales en el cultivo de avena en grano analizando el rol del cultivo de avena como integrador agroecológico en los sistemas familiares de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El presente artículo recoge diferentes resultados de ensayos desarrollados en los valles interandinos (municipio de Moco Moco) la cual se encuentra geográficamente entre los 15°29'30" latitud Sur y 69°00'41" longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud que oscila entre los 4 100 a 2 900 m s.n.m. y el Altiplano Norte (municipio de Laja) la cual se encuentra geográficamente entre los 16°34'50.09" latitud Sur y 68°28'50.73" longitud Oeste; a una altitud de 3 800 m s.n.m. aproximadamente. En el primer caso se trabajó en base a los datos obtenidos en las investigaciones: Evaluación de cinco ecotipos de avena (*Avena sativa*) para grano, en el marco de la normativa del registro de semillas – comunidad Huayanca, Mocomoco, La Paz (Claure, 2022), Estrategia comunal de manejo de piso ecológicos en el cultivo de avena (*Avena sativa*) en el ayllu Huayanca provincia Camacho departamento de La Paz (Condori, 2018). En el segundo caso con datos de Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota (Venegas, 2014) y Compuestos activos, Betaglucanos en avenas cultivadas en la altura (Mollinedo et al., 2015); así como datos obtenidos en el ensayo en la comunidad de Puchuni, municipio de Laja dentro del proyecto de investigación aplicada para el Cambio Climático PIA-ACC: Acciones de adaptación y mitigación con innovaciones tecnológicas biointensivas con enfoque agroecológico; orientada a la producción familiar, Altiplano Norte del departamento de La Paz, desarrollado en los años 2021-2022.

### Metodología

La investigación fue desarrollada dentro de un enfoque agroecológico y en el contexto de la agricultura familiar (parcelas de los agricultores, sistema a secano), donde se evaluó: a) el comportamiento agronómico de cinco ecotipos de avena en grano (Ajpayá, Alta Bruma, Aveyanca, Gamma y Qantati) bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBA), con una densidad de siembra de 80  $\text{kg ha}^{-1}$ ; la calidad de las semillas de los cinco ecotipos, siguiendo la metodología establecida por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAP) (2017) realizando un análisis comparativo entre los resultados

promediados de laboratorio que arrojaron las semillas de cada ecotipo en base a los parámetros establecidos por el laboratorio de semillas del INIAF, con el propósito de seleccionar (aceptar o rechazar) a las semillas de los ecotipos que puedan pasar a un proceso de caracterización morfológica siguiendo las pruebas de laboratorio de acuerdo con el protocolo de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (2010) específico para avena, para corroborar el examen DHE (Distinta, Homogénea, Estable); b) el comportamiento de los sistemas de producción biointensivo y tradicional en el cultivo de avena en grano, realizando un análisis comparativo en variables agronómicas.

Los datos registrados relacionados a las variables agronómicas fueron días a diferentes periodos de estadio del cultivo (pre floración, floración y madurez fisiológica), altura de planta número de nudos y entrenudos, número de granos por espiga, peso de granos por espiga y rendimiento en grano; para las variables de calidad de semilla se tomaron datos de pureza, peso hectolítrico (cantidad de grano que cabe en un hectolitro), peso de mil semillas, contenido de humedad y porcentaje de germinación; las variables

morfológicas como ser vellosidad del margen de la hoja bandera, tendencia a tener arista en el grano, color de la lemma. Los datos registrados sobre las variables agronómicas fueron rendimiento en grano y en materia seca por ecotipos y sistemas de producción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento agronómico

El comportamiento agronómico de los ecotipos se analizó a partir de indicadores que caracterizan a cada fase del proceso fenológico del cultivo. Varios de estos no tuvieron significancia estadística. En este sentido la Tabla 1 se muestra un resumen de las fases fenológicas para todos los ecotipos ensayados, donde se puede observar que días a la prefloración, floración y madurez fisiológica, tuvieron diferencias significativas comparativas. Esto podría deberse a la genética y el ambiente, ya que Fraschina y Juárez (2006) señalan que la duración de cada fase fenológica depende del genotipo, la acumulación de calor o grados de desarrollo, los requerimientos de vernalización y los requerimientos de fotoperiodo.

Tabla 1. Comparación de medias para días a la prefloración, floración, madurez fisiológica.

Días a la prefloración			Días a la floración			Días a la madurez fisiológica		
Ecotipos	Medias (días)	Grupo	Ecotipos	Medias (días)	Grupo	Ecotipos	Medias (días)	Grupo
Aveyanca	129.67	A	Aveyanca	148.00	A	Aveyanca	230.00	A
Qantati	129.33	B	Qantati	146.33	B	Qantati	228.33	B
Alta Bruma	125.67	B	Ajpaya	146.33	B	Gamma	228.33	B
Gamma	125.67	B	Gamma	146.00	B	Ajpaya	228.33	B
Ajpaya	125.33	B	Alta Bruma	146.00	B	Alta Bruma	228.33	B

Prueba Duncan ( $\alpha=0.05\%$ ). Fuente: Claure (2022).

Con relación a la altura de la planta, número de nudos y longitud de los entrenudos se tienen los siguientes resultados: al momento de la cosecha hubo diferencias en la altura de planta entre los ecotipos ensayados, como se muestra en la Figura 1, donde se muestra que esta característica genética de cada ecotipo es altamente influenciada por la disponibilidad de agua para poder expresarse, así lo indica Rubín (1984) y Lobatón (2001), debido a que la falta de éste, tiene un efecto marcado en tejidos y órganos en proceso de división y alargamiento celular. Por otro lado, se observó una relación entre el número de nudos y longitud de entrenudos de cada ecotipo (Figura 2), donde se llegó a apreciar que mientras más nudos presenta la planta, ésta tiene menor longitud de entrenudos y por ende menor altura de planta, es decir, que el número de nudos sería

inversamente proporcional a la longitud de los entrenudos.

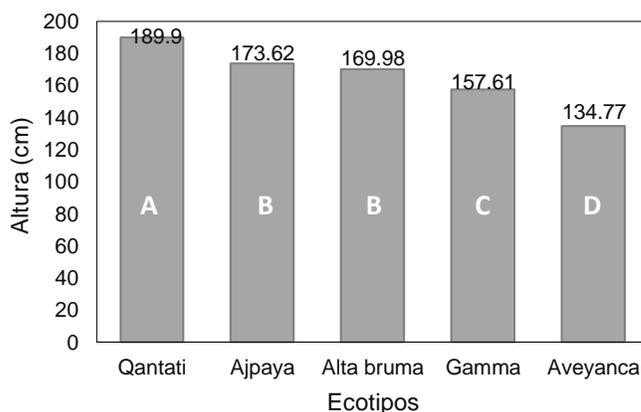


Figura 1. Altura de planta por ecotipos de avena en grano. Fuente: Claure (2022).

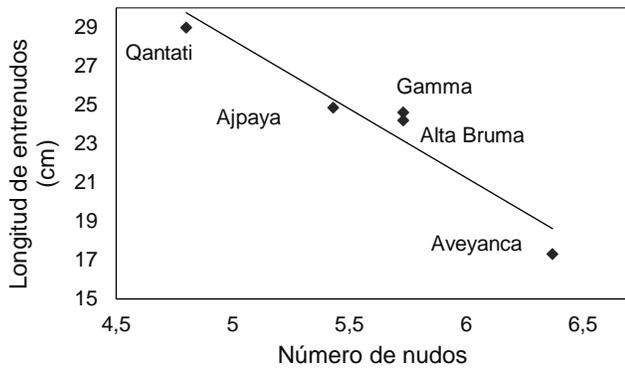


Figura 2. Relación entre el número de nudos y entrenudos por ecotipos de avena en grano. Fuente: Claire (2022).

La Tabla 2 muestra los resultados de número de granos por espiga y peso de granos por espiga, donde se puede apreciar que existe diferencias marcadas para cada variable evaluada, esto debido posiblemente a la respuesta de los caracteres genéticos de cada cultivar, a las condiciones del medio donde se desarrollan (Mamani, 1999), esencialmente al déficit hídrico, ya que este produce esterilidad del polen juntamente con el aborto de cigotos y menor llenado de grano por desecación prematura del endospermo (Martos, 2003); DuPont, 2015; Gonzales, 2001).

Tabla 2. Número de granos por espiga, peso de granos por espiga y rendimiento para ecotipos de avena en grano.

Número de granos por espiga			Peso de granos por espiga (g)			Rendimiento en grano (kg ha <sup>-1</sup> )		
Ecotipos	Medias	Grupo	Ecotipos	Medias	Grupo	Ecotipos	Medias	Grupo
Gamma	61.74	A	Gamma	2.47	A	Gamma	2 283.95	A
Qantati	40.13	B	Qantati	1.20	B	Ajpaya	1 327.16	B
Alta Bruma	40.08	B	Alta Bruma	1.20	B	Qantati	1 265.43	B
Ajpaya	40.02	B	Ajpaya	1.20	B	Alta Bruma	1 203.70	B
Aveyanca	16.08	C	Aveyanca	0.29	C	Aveyanca	80.89	C

Fuente: Claire (2022)

Se observa también que el ecotipo con mayor rendimiento en grano fue Gamma con 2 283.95 kg ha<sup>-1</sup>, y el menor; el ecotipo Aveyanca con 80.89 kg ha<sup>-1</sup>. Trabajos realizados por otros autores en el departamento de La Paz; Condori (2018) quien reporta rendimientos de 3 642 kg ha<sup>-1</sup> para la variedad Urano, siendo este superior al encontrado en todos los ecotipos ensayados; por otro lado, el mismo autor reporta rendimientos para las variedades CT-114, Belinda y CT-579 valores que fluctuaron entre 1 080 y 1 331 kg ha<sup>-1</sup> siendo estos los que más se asemejan a los valores obtenidos en el ensayo. Otro estudio reportado por Cartagena (2015) en el centro poblado de Jayllihuaya (Puno, Perú), registró valores de rendimiento en grano en un promedio de 1 560 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Tayko. Es evidente que estas variaciones se deben a diferentes factores entre los que se puede mencionar las diferencias de rendimiento en grano que como indica Mamani (1999), son consecuencia del potencial genético de cada variedad; siendo esta afirmación una posible respuesta a la variación de los resultados hallados en los ecotipos y adicionalmente a la influencia de los factores ambientales donde se desarrolla el cultivo.

### Caracterización morfológica de ecotipos de avena orientados a la producción de semilla

La agricultura familiar además de ser la base del sustento alimentario de la población urbana es

también una fuente de conocimientos en diferentes ámbitos, algunos relacionados con la adaptación de cultivos, el manejo de semillas y la agrobiodiversidad.

La adaptación de cultivos es un proceso mediante el cual un organismo vivo modifica sus mecanismos de tolerancia o resistencia a factores bióticos o abióticos “siendo la productividad media (adaptación) y probables variaciones (estabilidad) de las diferentes variedades, parte de la información básica para reducir error al seleccionar la o las variedades” (Zuil, 2017).

Los productores del Ayllu Huayanca manejan una agrobiodiversidad adaptada a diferentes pisos ecológicos (3 800 – 2 500 m s.n.m.). Desde el año 2013 iniciaron un proceso de observación del comportamiento agronómico de diferentes variedades de avenas en grano, probando variadas condiciones ambientales y manejo del cultivo.

El cultivo de avena para grano desarrollado durante este tiempo ha generado cultivos de la misma especie (ecotipos) adaptados a condiciones ambientales locales (diferentes pisos ecológicos) donde las observaciones del productor relacionadas con parámetros como el rendimiento (venta del producto), resistencia a sequía, plagas y enfermedades y calidad de la semilla; han sido los parámetros de valoración para la incorporación del cultivo en el plan de manejo familiar de la agrobiodiversidad.

Después de las experiencias referidas, se han seleccionado cinco ecotipos de avena para grano de los cuales se tiene un conocimiento básico y sistematizado de su comportamiento en campo; producto de ello se ha procedido a desarrollar un ensayo de campo y laboratorio bajo normas de registro de semillas establecido por el INIAF en base a las normas internacionales de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales - UPOV.

La siguiente Tabla 3 muestra los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio antes de la siembra y después de la cosecha de cinco ecotipos de avena en grano; cabe mencionar que para estas pruebas se ha seguido la metodología del INIAF trabajando con muestras, repeticiones y valores promedio, siendo comparados los resultados con los parámetros establecidos en la norma.

Tabla 3. Calidad física y fisiológica de cinco ecotipos de la semilla de avena para grano.

Parámetros de referencia INIAF		≥ 98	≥ 80	39.05 a 59.8 kg hl <sup>-1</sup>	≥ 35 g	≤ 13%
Periodo	Ecotipos	Pureza (%)	Germinación (%)	Peso Hectolítico (kg hl <sup>-1</sup> )	Peso de mil semillas (g)	Contenido de humedad (%)
Antes de la siembra	Aveyanca	± 98.83	± 84.50	± 46.59	± 35.70	± 9.68
Después de la cosecha		± 98.42	± 70.50	± 31.93	± 20.10	± 13.67
Antes de la siembra	Ajpaya	± 99.58	± 91.50	± 46.02	± 42.00	± 10.88
Después de la cosecha		± 99.42	± 67.25	± 45.91	± 39.20	± 9.01
Antes de la siembra	Gamma	± 99.92	± 84.25	± 47.20	± 41.20	± 12.25
Después de la cosecha		± 99.83	± 91.00	± 52.78	± 47.70	± 9.08
Antes de la siembra	Qantati	± 99.17	± 92.75	± 47.02	± 41.90	± 9.88
Después de la cosecha		± 99.75	± 64.00	± 46.20	± 38.90	± 10.74
Antes de la siembra	Alta Bruma	± 99.00	± 84.75	± 46.50	± 42.90	± 11.88
Después de la cosecha		± 99.92	± 88.75	± 46.79	± 39.30	± 10.40

Fuente: Base de datos de laboratorio (Claire, 2022).

Los datos que se tienen después de la cosecha (Tabla 3), muestran que solo dos ecotipos: Alta Bruma y Gamma, cumplen con los requisitos establecidos para pasar a la fase de caracterización morfológica. A diferencia de Ajpaya y Qantati que cumplen solamente con cuatro de los cinco requisitos importantes (porcentaje de pureza, peso hectolítico, peso de mil semillas y contenido de humedad) pero no llegan al porcentaje de germinación requerida de acuerdo con parámetros establecidos por el INIAF (mínimo del 80 %). Esta situación podría deberse a la influencia de periodos de stress hídrico que tiene una influencia en el llenado de los granos y aborto floral y al manejo de las semillas, considerando principalmente granos vanos. Sin embargo, estos

ecotipos no serán separados de futuros ensayos.

En este sentido, la Tabla 4 muestra los resultados de la evaluación de los ecotipos seleccionados en base a los descriptores morfológicos que según Jiménez (2009) son un instrumento específico y con más opciones para poder observar en la planta, la existencia o ausencia del número de estructuras, así como la forma y color de cada estructura, además que definen a una especie como única e identificable. Por ello, la aplicación de los descriptores morfológicos a los dos ecotipos seleccionados identificó diferencias entre ambos ecotipos en sólo cuatro de los 23 descriptores.

Tabla 4. Caracterización morfológica de los ecotipos de avena para grano Alta Bruma y Gamma.

Variables del descriptor morfológico con resultados similares							
Planta: hábito de crecimiento, Hojas; más bajas: vellosidad de las vainas, Planta: frecuencia de plantas con recurvado hojas de bandera, Tiempo de panícula: emergencia (primera espiga, Tallo: vellosidad del nudo superior, Tallo: intensidad de vellosidad de la parte superior de la mayoría de los nudos, Panícula: orientación de las ramas, Panícula: actitud de ramas, Panícula: Actitud de las espiguillas,				Glumas: glaucosidad, Glumas: longitud, Grano primario: glaucosidad de la lemma, Grano primario: intensidad de la glaucosidad de la lemma, Panículo: longitud, Grano: cáscara, Grano primario: longitud de la lemma, Grano primario: vellosidad de la parte posterior de la lemma, Grano primario: vellosidad de la base, Grano primario: longitud de la raquilla			
Variables del descriptor morfológico con caracteres distintivos							
Lámina de la hoja: vellosidad del margen de la hoja bandera		Planta: longitud (tallo y panículo)		Grano primario: tendencia a tener arista		Grano: color de la lemma	
Alta Bruma	Gamma	Alta Bruma	Gamma	Alta Bruma	Gamma	Alta Bruma	Gamma
							
Ausente	Débil	Largo	Medio	Medio	Ausente	Blanco	Amarillo

Fuente: Base de datos de campo (Claire, 2022).

Las diferencias encontradas (Tabla 4) muestran que la vellosidad del margen de la hoja bandera, el color de la lemma y la presencia de aristas en los granos de los ecotipos son caracteres que dependen del genotipo y no cambian. Al respecto Diederichsen y Williams (2001) y CIAT (1983) indican que “las características como la vellosidad del margen de la hoja bandera y el color de las glumas son características morfológicas cualitativas, las cuales dependen de uno o de pocos genes para expresarse, además de que se ven menos influenciadas por el ambiente”; mientras que la longitud de la planta depende de un mayor número de genes y además de la influencia ambiental.

Con relación a los otros tres ecotipos que no superaron las pruebas de laboratorio se cuenta también con la descripción morfológica cuyos resultados muestran diferencias importantes entre ellos para varios indicadores del descriptor sobresaliendo el ecotipo Aveyanca. Como se indicó en párrafos anteriores, se seguirá trabajando en ensayos de adaptabilidad; considerando que estos resultados son una base de información orientada

hacia la posibilidad de trabajar en la producción de semilla uniforme y de calidad.

El cambio climático y sus efectos sobre la agricultura familiar requieren de respuestas apropiadas al contexto sociocultural de una región. El Ayllu Huayanca ha trabajado en la producción de avena para grano por varios años vendiendo su producción a empresas como SIMSA con buenos precios, generando de esta manera una buena experiencia y expectativa económica para la familia; más allá de contribuir en el manejo de sistemas con alta diversidad en cultivos y manejo de pisos ecológicos.

Las limitaciones geográficas (tamaño de las parcelas) impiden el escalamiento para la oferta de mayores volúmenes, por lo que podría orientarse hacia la especialización productiva en la oferta de semilla de alta calidad de avena para grano.

En esta línea, la región junto al Ayllu Huayanca tiene como vecinos al menos cinco otros Ayllus donde es posible replicar la experiencia estimándose una oferta anual de semilla de avena para grano de 37.5 t que

permitiría el manejo de algo más de 400 ha ofertado al mercado al mercado cerca de 800 t anualmente, cifra que todavía es baja considerando que en este momento las empresas nacionales tienen un mayor requerimiento que es cubierto por importaciones de avena en grano provenientes de Canadá y Chile principalmente.

### Integrador agroecológico

La avena, a diferencia de otras gramíneas, es un cultivo versátil pues ofrece la posibilidad de utilizarse para pastoreo directo, pastoreo diferido, reserva forrajera y grano, lo que se conoce como doble propósito. Si bien la avena es un cultivo, principalmente, implementado para la obtención de semillas y uso forrajero, se abre una nueva oportunidad al producirlo en granos para consumo humano (Chacra, 2016). A su vez, como ventaja adicional, es uno de los verdeos invernales con mejor comportamiento ante situaciones de estrés hídrico (Infocampo, 2021).

Varios países vecinos están aprovechando esta cualidad de la avena hace varios años. En la Argentina, el mayor productor de avena de Latinoamérica, se tienen varios casos en los que la siembran a fines del verano, la pastorean entre dos y tres veces para luego dejar recuperar el cultivo y cosechar el grano. Esto se conoce como doble propósito, para lo cual la mayoría de los cultivares argentinos están adaptados, según se indica en la Revista Chacra, asimismo se refiere que mediante el plan de Mejoramiento de Avena el INTA Bordenave y la Chacra generaron nuevos cultivares, algunos de ellos de muy buena productividad granífera y con grano de calidad industrial entre los que se destacan Bonaerense INTA Maná, Marita INTA y Carlota INTA. Los nuevos cultivares Bonaerense INTA Aikén, Bonaerense INTA Sureña y Julieta INTA, tienen muy buena producción de forraje, con buena sanidad y buen rebrote y sembrados para producir grano tienen un alto potencial de rendimiento y buena calidad (Chacra, 2016).

En Chile, Rojas (1997) indica que la avena es un cultivo generalizado en la zona sur debido a sus variados usos, entre los que destacan los con orientación ganadera. En producción animal, las avenas de doble propósito, tales como Nehuén, Llaofén y Urano, pueden ser sembradas con fines de pastoreo invernal, conversación de forraje en primavera o producción de grano y paja en verano. También son frecuentes las combinaciones de pastoreo invernal y conservación de forraje en primavera, o pastoreo invernal y producción de grano. Por su parte Demanet et al. (2022) refieren que en la actualidad todos los cultivares de avena disponibles en el país son de tipo alternativo y de hábito de crecimiento erecto. Pueden ser utilizados para producción de forraje invernal y ensilaje o grano en primavera, razón por la cual son considerados de doble propósito. Los cultivares de avena establecidos en verano y otoño son utilizados para pastoreo o corte invernal. Los sembrados en primavera son destinados a la elaboración de ensilaje, heno, henilaje o cosecha de grano (doble propósito).

En Bolivia el cultivo de la avena es eminentemente forrajero según los datos que se disponen. En este marco se realizó una investigación en el Ayllu Huayanca (Mocomoco), así como los ensayos realizados en el municipio de Laja, se han desarrollado en el marco de la agricultura familiar, en la que la producción de avena con doble propósito puede tener un efecto positivo a nivel económico y de adaptación al cambio climático, constituyéndose este cultivo en un integrador agroecológico.

Los resultados de rendimiento en materia seca y grano que se muestran en la Figura 3, indican que con los ecotipos ensayados, se pueden obtener rendimientos por encima de los promedios que se tienen a nivel nacional en grano, sobre todo con el ecotipo Gamma. Respecto al rendimiento en forraje la empresa SEFO S.A.M. indica que para la variedad Gaviota se espera un rendimiento de 6 a 8 t de materia seca (SEFO SAM, s.f.), Qantati alcanza a 11.2 t.

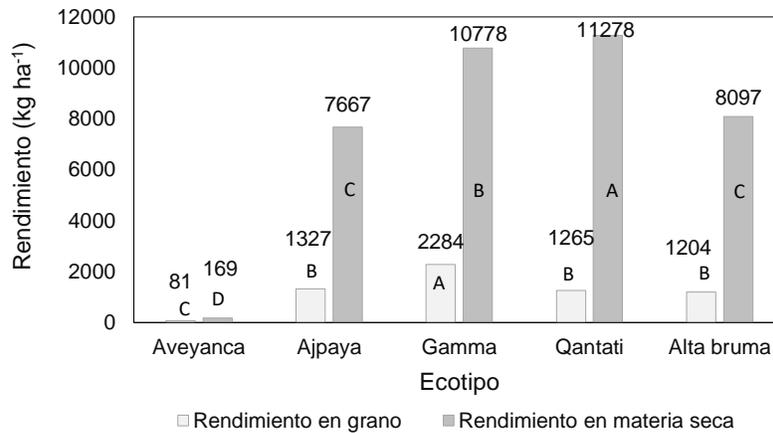


Figura 3. Rendimiento en grano y materia seca por ecotipos. Fuente: Claire (2022).

Estos datos resultan interesantes para la agricultura familiar que no sólo puede diversificar su producción sino obtener excedentes económicos.

En el Ayllu Huayanca desde hace cinco años se produce avena en grano y gracias a un convenio entre los productores y la Sociedad Industrial Molinera S.A. – SIMSA se comprometió un precio preferencial de 68.96 USD (1 USD = 6.96 Bs) por cada quintal, es decir USD 1.49 por kilogramo. Con este precio que es posible negociar también para otras comunidades y/o municipios con esta misma empresa, se puede obtener 1 499.28 USD t<sup>-1</sup>. Si tomamos en cuenta el rendimiento del ecotipo Gamma, se podría obtener anualmente 3 424.28 USD ha<sup>-1</sup> cultivada. En el caso del forraje, se conoce por información de productores del municipio de Laja, que comercializan 40 quintales en 215.52 USD, es decir 0.11 USD kg<sup>-1</sup>. Considerando esto, se podría obtener hasta 116.38 USD t<sup>-1</sup> y tomando en cuenta el rendimiento del ecotipo Qantati se conseguiría un ingreso anual de 1 312 USD por ha cultivada.

Debe recordarse que la agricultura familiar se caracteriza no sólo por la combinación de diferentes cultivos sino por los reducidos terrenos. En el Ayllu Huayanca del municipio de Mocomoco la superficie cultivable por cada familia es de máximo 1.9 ha, y la efectivamente cultivada es de máximo 0.5 ha. Para el cultivo de avena han destinado en promedio 0.1 ha. La producción de avena se da en un contexto en el que de los otros cultivos: papa (*Solanum tuberosum*), maíz, trigo y algunas hortalizas, sólo se comercializa un 60 % de la papa producida, siendo los demás cultivos para autoconsumo. En el municipio de Laja la superficie cultivable alcanza en promedio a 3.8 ha y la cultivada a 1.9 ha en promedio, de la cual se dedica casi 1 ha a la producción de forrajes, siendo la

vocación productiva del municipio la ganadería bovina para producción de leche.

Ya sea que se pueda producir 0.1 ha o 1 ha, los ingresos son importantes, incluso descontando el costo de producción de la avena tradicional que según el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras alcanza a 697.41 USD ha<sup>-1</sup> (Observatorio Agroambiental y Productivo, 2013).

Si bien la importancia de un cultivo está en la posibilidad de ingresos que pueda generar, no es menos cierto que es importante orientar la agricultura hacia la sostenibilidad de los sistemas productivos, sobre todo los de la agricultura familiar; de esta manera se considera otro rol del cultivo de avena como un integrador agroecológico.

La agrobiodiversidad, la conservación de las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo y la aplicación de técnicas que contribuyan a una agricultura de procesos, permitirán la sostenibilidad del sistema productivo y mejores condiciones de adaptación al cambio climático. La incorporación de la avena en grano con posibilidades de su uso con doble propósito, además de generar una expectativa económica, genera una mayor agrobiodiversidad en el manejo de los cultivos y las rotaciones.

En el Ayllu Huayanca las investigaciones y ensayos demostrativos realizados en los últimos cinco años, así como la asociación estratégica con la empresa SIMSA S.A. que adquiere la avena en grano producida; motivaron al menos a 20 productores a producir avena favoreciendo así la agrobiodiversidad considerando - como se mencionó- que en general los cultivos en este Ayllu se concentran en maíz, papa y trigo y algunas hortalizas. En el municipio de Laja, la avena sólo es

cultivada por el 25 % de los productores; por lo que existe aún una gran oportunidad para este cultivo, más aun considerando que se la puede aprovechar para el consumo humano y para el consumo animal (doble propósito).

Respecto a la conservación de los suelos, existen diferentes metodologías y técnicas desarrolladas. De acuerdo con diversas investigaciones, la avena se constituye también en un cultivo utilizable con este fin. Entre las ventajas de este cultivo destaca su alta relación carbono nitrógeno (C/N) por lo que, en algunas regiones, resulta interesante para la rotación de cultivos o bien como protector del suelo (Chacra, 2016).

Desde el enfoque agroecológico, una técnica importante desarrollada para el cuidado de los suelos y para contrarrestar su degradación la constituyen los cultivos biointensivos que a través de la construcción de camas o camellones impacta positivamente en la reducción de las labores de labranza primaria. En el sistema de siembra tradicional se realiza un movimiento continuo y excesivo del suelo lo que tiende a dañar su estructura y disminuir su capacidad productiva. En los cultivos biointensivos la siembra se realiza en la parte elevada de las camas que no se labran. La forma de los camellones también ayuda a mejorar el manejo del agua, a mantener una mejor humedad para el crecimiento de los cultivos y finalmente reduce la compactación del suelo pues el productor circula en la parte baja de las camas.

En las regiones del Altiplano Norte de La Paz, se han realizado ensayos comparativos de siembra de avena en sistema tradicional y con el sistema agroecológico biointensivo en parcelas de agricultores, para analizar el comportamiento de estos cultivos como mecanismos de adaptación al cambio climático. Los primeros resultados obtenidos son prometedores.

La Figura 4 muestra una imagen de dos sistemas de producción de avena en la comunidad de Puchuni, Laja, siendo estos el sistema biointensivo y sistema tradicional; por lo cual en una comparación de rendimiento en grano y materia seca de estos sistemas se logró registrar que el sistema de producción con mayor rendimiento en grano fue el biointensivo con 2 603 kg ha<sup>-1</sup>, a diferencia del sistema tradicional donde se observó una pérdida total de grano; esto debido posiblemente a que los fenómenos atmosféricos que se presentaron en las fases de floración a grano pastoso de alguna manera

coadyuvaron en la pérdida de rendimiento en grano en el sistema tradicional, a diferencia del biointensivo que se adecuó favorablemente a la zona. Así también, se puede apreciar que el rendimiento en materia seca en el sistema biointensivo fue de 6 000 kg ha<sup>-1</sup>, a diferencia del sistema tradicional que presentó el valor más bajo siendo éste de 3 310 kg ha<sup>-1</sup>; esto demostraría que el ecotipo Gamma muy aparte de producir grano tiene buenas condiciones para la producción de paja la cual puede servir de alimento para el ganado, ya que siendo Laja una zona ganadera este ecotipo llegaría a ser una alternativa con un alto valor agregado.



Figura 4. Parcela experimental de avena en grano en sistema tradicional y biointensivo, Puchuni-Laja, 2022.

## CONCLUSIONES

Se ha encontrado diferencia estadística significativa en las fases fenológicas (días a la prefloración, floración y madurez fisiológica) mostrando que los ecotipos Gamma y Alta Bruma logran completar su ciclo a los 228 días, mientras que el ecotipo Aveyanca lo hace a los 230 días. Sin embargo, las variaciones no son muy altas, lo que implicaría que los cinco ecotipos concluyen su fase de producción en un promedio de 229 días.

Los indicadores: altura de planta, número de nudos y longitud de entrenudos que muestran diferencia estadística se constituyen en características específicas de cada ecotipo, las mismas que será muy importante considerar para establecer acciones orientadas a la obtención de variedades y en su caso para incursionar en la producción de semilla seleccionada.

Los cuatro ecotipos con mejores rendimientos en grano fueron Gamma con 2 283.95 kg ha<sup>-1</sup>, Ajpaya con 1 327.16 kg ha<sup>-1</sup>, Qhantati con 1 265.43 kg ha<sup>-1</sup> y Alta

Bruma con 1 203.7 kg ha<sup>-1</sup>; este comportamiento productivo responde a un sistema de cultivo a secano y bajo periodos de stress hídrico por sequía que caracterizó la gestión agrícola del ensayo.

Sobre la calidad física y fisiológica de las semillas, se logró caracterizar morfológicamente a los ecotipos Gamma y Alta Bruma, mediante el uso de descriptores varietales específicos, considerando cada estado fenológico de la planta. Mediante esta caracterización morfológica, se determinó también los caracteres distintivos de los mismos. Se encontraron diferencias entre ambos ecotipos en 4 de 23 caracteres.

Las evaluaciones realizadas sobre la producción con doble propósito del cultivo de avena en grano y para forraje, y el comportamiento del cultivo bajo sistemas biointensivos muestran que las variedades Qhantati, Gamma y Alta Bruma ofertan rendimientos de 1 1278 kg ha<sup>-1</sup>, 10 778 kg ha<sup>-1</sup> y 8 097 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca respectivamente. Del mismo modo, la respuesta positiva obtenida del cultivo de avena en grano bajo sistemas de cultivos biointensivos frente a un sistema tradicional en condiciones adversas climáticamente adversas (sequías) muestran alternativas importantes para considerar a este cultivo como un integrador agroecológico de los diferentes componentes del sistema tradicional de la agricultura familiar altoandina.

Con la sistematización de diferentes investigaciones y los resultados presentados se ha podido apreciar que la producción de avena en grano es una opción expectable para la agricultura familiar considerando los rendimientos obtenidos, su comportamiento agronómico, su respuesta en producción bajo sistemas biointensivos y finalmente como una opción de diversificación de la producción familiar con sus beneficios implícitos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cartagena, L. 2015. Rendimiento y calidad de semilla de avena (*Avena sativa*) con incorporación de estiércol de ovino, vacuno y lombriz, tratado con fósforo y calcio en Puno. Tesis Lic. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 14-15 p.
- CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical, Colombia). 1983. Metodología para obtener semillas de calidad. Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo: Unidad de Semillas. Cali, Colombia. 194 pp.

- Claire, A. 2022. Evaluación de cinco ecotipos de avena (*Avena sativa*) para grano, en el marco de la normativa del registro de semillas – comunidad Huayanca, Mocomoco, La Paz. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 198p.
- Condori, R. 2018. Estrategia comunal de manejo de piso ecológicos en el cultivo de avena (*Avena sativa*) en el ayllu Huayanca provincia Camacho departamento de La Paz. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 205p.
- Chacra. 2016. La red del campo Chacra: La avena un cultivo versátil (en línea). Consultado 25 mar. 2023. Disponible en <https://www.revistachacra.com.ar/nota/avena-una-alternativa-versatil/>
- Demagnet, R; Canales, C; García, J. 2022. Avena (*Avena sativa* L.): Manual de cultivos suplementarios Cap. 1 (en línea). Consultado 15 feb. 2023. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/avena-avena-sativa-t48853.htm>
- Diederichsen, A; Williams, D. 2001. La caracterización de germoplasma Agro botánica *Avena sativa* en los recursos de los genes de plantas de Canadá. Agriculture and Agro-Food Canada (Agricultura y Agro-Alimento Canadá), 107 Ciencia.Saskatoon, Canadá.
- DuPont, P. 2015. Rendimiento del grano de maíz en relación al estrés durante las distintas etapas de desarrollo. Boletín técnico Pioneer.
- Franchina, J; Juárez, M. 2006. Ecofisiología de la producción de tripo (diapositivas de Power Point) (en línea). Consultado 07 dic. 2022. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ecofisiologa\\_de\\_la\\_produccion\\_de\\_trigo\\_fraschi.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ecofisiologa_de_la_produccion_de_trigo_fraschi.pdf)
- Gonzales, A. 2001. Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Bológicas. 332p.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). s.f. Instituto Nacional de Estadística, Estadísticas Económicas/Agropecuarias/ Agricultura. Consultado 14 ene. 2023. Disponible en <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2017. Compendio de normas nacionales sobre semillas de especies agrícolas. La Paz, Bolivia. Presencia S.R.L. 259 p.
- Infocampo. 2021. Sembrar avena: expertos explican cómo lograr un cultivo doble propósito (en línea). Consultado 24 mar. 2023. Disponible en <https://www.infocampo.com.ar/sembrar-avena-expertos-explican-como-lograr-un-cultivo-doble-proposito/>
- Jiménez, J. 2009. Descriptores varietales de Avena (*Avena* sp.) cultivadas en México. Tesis Postgrado. Montecillo, Texcoco, México. Colegio de Postgraduados Montecillo. 77 pp.

- Lobatón, G. 2001. Estudio de dos variedades de avena forrajera (*Avena sativa*) a secano y bajo riego por goteo en Calamarca. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Escuela Militar de Ingeniería "Mcal. Antonio José de Sucre".
- Mamani, T. 1999. Evaluación de 15 variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 59 p.
- Martos, V. 2003. Influencia del régimen hídrico sobre componentes de calidad del trigo duro (*Triticum durum* Desf.) en ambiente mediterráneo. Tesis Lic. Granada, España. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias. 85 p.
- Mollinedo P., Terán R., & J.M. Peñarrieta. 2015. Compuestos activos, Betaglucanos en avenas cultivadas en la altura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Instituto de Investigación en Productos Naturales. 76 pp.
- Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP) (2023). Costos de producción por hectárea (Bs) Cultivo Avena Forrajera (en línea). Consultado 14 jul. 2023. Disponible en [bit.ly/3DfM1PQ](https://bit.ly/3DfM1PQ)
- Rojas, C. 1997. Avenas de doble propósito: Claves para sacarles el máximo (en línea). Tierra Adentro. No. 13. Consultado 19 mar. 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5471>
- Rubín, B. 1984. Curso de la fisiología vegetal. Moscú: URSS 526-578 p.
- Venegas, I. 2014. Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 112 p.
- SEFO SAM (Empresa Universitaria de Semillas Forrajeras Sociedad Anónima Mixta). s.f. Avena forrajera (*Avena sativa*) (en línea). Consultado 20 feb. 2023. Disponible en <https://www.sefosam.com.bo/mesotermicas/avena.html>
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2010. Avena: Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ginebra, Suiza. 29 p.
- Zuil, S. 2017. Elección de cultivares de soja en el NEA. citado en Estabilidad y Adaptabilidad: criterios que contribuyen en la elección de variedades de trigo, revista voces y ecos N° 39 (en línea). Consultado 04 ene. 2023. Disponible en [https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/3431/INTA\\_CRSantaFe\\_EEARreconquista\\_Zuil\\_S\\_Eleccion\\_cultivares\\_soja\\_nea.pdf?sequence=1&isAllo wed=y](https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/3431/INTA_CRSantaFe_EEARreconquista_Zuil_S_Eleccion_cultivares_soja_nea.pdf?sequence=1&isAllo wed=y)

Artículo recibido en: 14 de marzo del 2023

Aceptado en: 17 de agosto del 2023